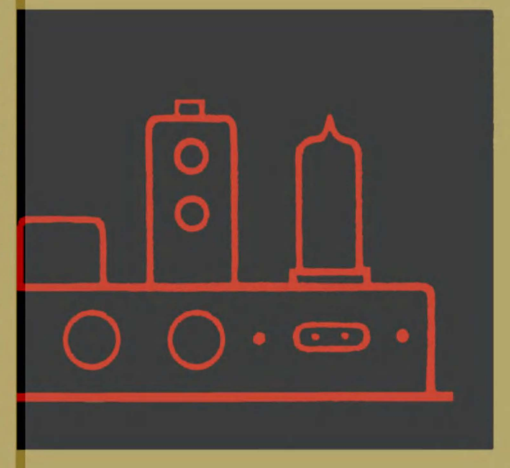
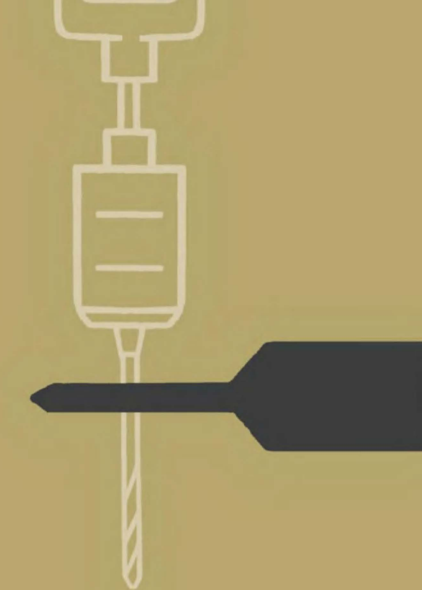


Р. ДЖОНСОН

КАК СТРОИТЬ РАДИО-АППАРАТУРУ







КАК СТРОИТЬ РАДИОАППАРАТУРУ

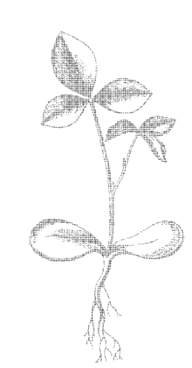
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 662

Р. ДЖОНСОН

КАК СТРОИТЬ РАДИОАППАРАТУРУ

Перевод с английского
Б. А. ПРИГОДЫ и В. С. КОКУНЬКО





УДК 621.396.6.002.72
Д 40

Рассматриваются основные вопросы конструирования, сборки и монтажа радиоаппаратуры (выбор типа шасси, размещение деталей и узлов на шасси, изготовление шасси, механический и электрический монтаж и др.). Описаны основные инструменты, материалы и детали, применяемые при сборке и монтаже радиоаппаратуры.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

R. Jonson

How to build electronic equipment
John F. Rider Publisher, Inc., 1962

Джонсон Ричард

Как строить радиоаппаратуру.
Перевод с английского Б. А. Пригоды и В. С. Кокунько.
М., изд-во „Энергия“, 1968, 200 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 662)

3-4-5
330-67

Редактор *Ю. Л. Голубев*
Художественный редактор *А. М. Кувшинников*
Техн. редактор *В. В. Зеркаленкова*
Корректор *И. А. Володяева*

Сдано в набор 1/II 1967 г. Подписано к печати 2/X 1967 г.
Формат 84 × 108 1/32. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. 13,59.
Тираж 60 000 экз. Цена 64 коп. Заказ № 858.

Издательство «Энергия», Москва, Ж-114, Шлюзовая наб. 10.

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, г. Ленинград, Гатчинская ул., 26.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ АВТОРА

Радиолюбительство в наши дни является одним из самых популярных занятий. Люди различных профессий и возрастов с увлечением им занимаются, отдавая этому любимому занятию часы своего досуга. В помощь им сейчас выпускается большое количество специальной литературы, знакомящей читателей с основами радиотехники, техники монтажа, настройки, правилами эксплуатации радиоприемников, телевизоров, магнитофонов и других бытовых радиоустройств.

Эта книга ставит целью помочь желающим овладеть основами конструирования и монтажа радиоаппаратуры. Ознакомившись с ее содержанием, любой читатель, даже если он раньше не занимался радиолюбительством, сможет научиться самостоятельно делать различные радиоустройства.

Книга рассчитана на радиолюбителей, студентов, лаборантов и других лиц, интересующихся электроникой; изложение материала ведется в простой манере, с тем чтобы начинающий радиолюбитель мог легко усвоить все, что касается конструирования и монтажа радиоустройств.

Книга разбита на 13 самостоятельных глав, каждая из которых посвящена определенному этапу изготовления радиоаппаратуры. Изложение материала глав построено с таким расчетом, чтобы читатель, знакомый с содержанием какой-либо из них, мог без ущерба опустить чтение этой главы, сосредоточив свое внимание на интересующем его материале из других глав. Так, например, тем, кто начинает свою радиолюбительскую практику со сборки радиоустройств, приобретенных в виде готовых наборов, вполне можно опустить чтение гл. 4 и 5, где идет разговор об изготовлении и разметке шасси, поскольку в наборах, как правило, в готовом виде содержатся шасси со всеми необходимыми отверстиями, кронштейнами и другими крепежными элементами и механическими узлами. Главы идут в таком же порядке, в котором обычно осуществляется изготовление типового радиоустройства.

Изложение материала сопровождается иллюстрациями, которые поясняют ряд ручных операций, описанных в книге. Большинство фото-

графий сделано самим автором с натуры в его мастерской и мастерских его коллег.

При конструировании радиоаппаратуры несчастные случаи бывают очень редко. Однако при работе как с режущим инструментом, так и под током рекомендуется соблюдать все меры предосторожности, так как при несоблюдении их могут иметь место травмы. Книга предупреждает читателя об опасностях при различных операциях и рекомендует меры предосторожности, которые позволяют избежать опасности.

Р. Джонсон

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Книга Р. Джонсона «Как строить радиоаппаратуру», изданная в США в 1962 г., посвящена вопросам конструирования, сборки и монтажа радиоаппаратуры в условиях радиолюбительской практики. Книга содержит много ценного материала, который может быть полезен не только для начинающих радиолюбителей, но также и для лиц, уже имеющих некоторый практический опыт по изготовлению радиоаппаратуры.

При переводе книги единицы измерения и условные обозначения, принятые в США и Англии, были переведены на принятые в СССР стандарты. Однако при описании радиодеталей (гл. 10) оставлены обозначения, принятые в США, для того чтобы, имея схему из зарубежной книги или журнала, радиолюбитель мог легко в ней ориентироваться.

Некоторые главы даны с небольшими сокращениями. Это сделано в тех местах, где автор, по мнению переводчиков книги, чрезмерно подробно останавливается на простых и весьма понятных вещах. В нескольких местах текст несколько расширен. Так, например, введена глава о материалах (гл. 3), которые описаны автором очень поверхностно. Несколько дополнена гл. 6, где идет речь о самом распространенном способе осуществления неразъемных соединений — пайке. Дополнения также сделаны к гл. 7 «Провода». В ней приведены описания применяемых в СССР проводов и их условные обозначения. В гл. 9 и 10 также приведены дополнительные сведения о применяемых в СССР схемах и радиодеталях.

Перевод предисловия, гл. 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 и дополнения к ним сделаны Б. А. Пригодой. Остальные главы (8, 9, 10, 11, 12 и 13) переведены и дополнены В. С. Кокунько.

Редакция Массовой радиобиблиотеки

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ТИПЫ КОНСТРУКЦИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РАДИОАППАРАТУРЕ

Как и в любом деле, связанном с той или иной областью техники, успех при создании радиолюбительских конструкций зависит от того, как вы сумели подготовиться к работе. Прежде чем начинать работу, необходимо уяснить себе, какой вам инструмент потребуется, какие радиодетали необходимо приобрести, как эти детали затем разместить и соединить между собой и, наконец, как произвести настройку и проверку окончательно собранного блока.

В настоящее время в помощь радиолюбителям выпускается большое количество разнообразной литературы. Но, к сожалению, лишь в очень немногих книгах содержатся материалы по конструированию, механическим работам и монтажу, которые, как правило, составляют основу успеха при построении любого радиотехнического устройства. Практика показывает, что часто даже специалисты, имеющие определенный опыт, нуждаются в консультациях по этим вопросам. Тем более важно на первых порах освоить основные азы конструирования начинающему радиолюбителю.

СОВЕТЫ НАЧИНАЮЩЕМУ

Никогда не нужно сразу браться за изготовление сложной аппаратуры, хотя это и весьма заманчиво. Из этого, как правило, ничего не получается, и часто после первой неудачи у новичка пропадает интерес к дальнейшей работе.

Как и в любом деле, здесь нужен первый успех, который бы вселил в начинающего конструктора уверенность в своих силах и возможностях. Поэтому лучше всего начинать со сборки простой радиоаппаратуры (детекторные приемники, приемники прямого усиления, усилители звуковой частоты и др.), которая имеется в продаже в виде специальных наборов, содержащих все необходимые радиодетали и механические узлы. Можно также начинать и с изготовления простейших устройств, описанных в радиолюбительских журналах. Эти первые опыты помогут радиолюбителю в дальнейшем при разработке более сложных конструкций.

Первым этапом самостоятельной разработки всегда является изготовление основы, на которой собирается все устройство, т. е. изготовление металлического шасси, разметка его под детали схемы и выполне-

ние необходимых механических работ. Первые опыты по монтажу различных устройств, приобретенных в виде готовых наборов, не дают начинающему радиолюбителю достаточной практики по выполнению механических операций, за исключением, может быть, сборки отдельных деталей, соединения их хомутиками, винтами и т. п. Однако в процессе сборки нескольких таких устройств приходится иметь дело со многими типовыми деталями и узлами, применяющимися в радиоаппаратуре, что помогает понять их конструкцию и назначение и облегчает работу в дальнейшем при самостоятельном изготовлении подобных деталей и узлов.

Только имея за плечами опыт этих первых работ и усвоив советы, данные в этой книге, вы будете вполне подготовлены для того, чтобы начать самостоятельно конструировать радиоаппаратуру. Настоящее удовлетворение конструктор получает тогда, когда им самим задуманная и осуществленная конструкция после включения начинает нормально работать. Это может получиться не сразу, но это та цель, ради которой стоит потрудиться.

РАБОЧЕЕ МЕСТО

Было бы идеально, если бы каждый имел свою маленькую любительскую мастерскую с верстаком и набором ручного и механического инструмента. Но, безусловно, у большинства радиолюбителей домашние условия не позволяют иметь отдельную мастерскую. Необходимо изыскать возможности работы в условиях ограниченной площади своей квартиры.

Можно вполне работать и на полу, застелив его газетами. Дело усложняется тем, что такие работы, как пайка, клепка и др., в жилой квартире создают известные неудобства. Необходимо иметь специально оборудованные силовые розетки для работы с электропаяльником и электродрелью. В связи со всеми неудобствами, связанными с ограниченностью площади, особые требования предъявляются к организации рабочего места. Необходимо сделать так, чтоб у вас все было под рукой. Чем лучше вы это сделаете, тем легче вам будет работать.

Необходимо иметь определенный минимум рабочего инструмента. Подробно об инструменте будет сказано в гл. 2.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

При конструировании любого устройства конструктору нужно пройти следующие этапы:

выбор типа шасси, шкафа или другого оборудования, на котором будут производиться сборка и монтаж радиоаппаратуры;

планировка размещения деталей на шасси и субшасси; определение количества необходимых отверстий и их размеров и разметка их на шасси;

сверление и пробивание отверстий в шасси;

монтаж основных деталей на шасси;

электрическое соединение деталей в соответствии со схемой;

проверка и включение схемы.

Некоторые из перечисленных этапов могут вами не выполняться либо, например, из-за того, что определенные операции уже выполнены в применяемых вами готовых узлах, либо из-за того, что вы уже имеете

определенный опыт и можете обойтись без выполнения некоторых промежуточных операций.

В последующих главах детально изложены все этапы конструирования, приводятся наглядные примеры и иллюстрации, которые помогут вам усвоить основные методы и приемы работы. После того как вами будут освоены основные этапы конструирования, изложенные в этой книге, вам легко будет перейти к построению приемников, магнитофонов и других радиоустройств для дома.

Не нужно надеяться на быстрый эффект. Хорошее качество выполняемых вами работ придет с годами упорного труда. Но вы сможете научиться многим важным вещам, которые вам будут весьма полезны и на начальном этапе работы, и в дальнейшем.

Знакомясь с различными радиоустройствами, вы може-

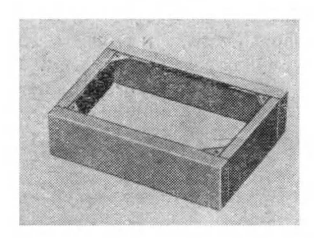


Рис. 1-1. Типовое металлическое шасси.

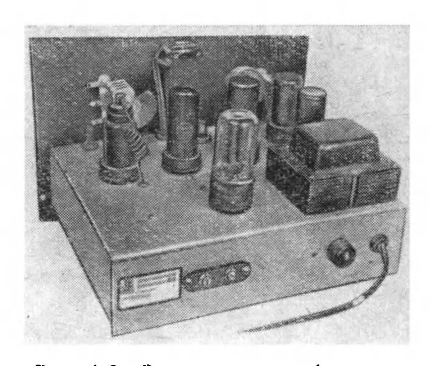


Рис. 1-2. Окончательно оформленное шасси с установленной передней панелью (на заднем плане).

те заметить, что все они состоят из большого числа типовых деталей (радиолампы, сопротивления, или, как их теперь принято называть, «резисторы», конденсаторы, полупроводниковые приборы, катушки индуктивности, трансформаторы и др.). Детали можно представить как своего рода простые молекулы сложного радиоустройства. Они являются мельчайшими составляющими любой радиоаппаратуры. За исключением редких случаев, все эти детали приобретаются готовыми.

После предварительных подготовительных операций детали размещают на основании, например на металлическом шасси (рис. 1-1), и соединяют, образуя определенные электрические цепи.

Полностью готовое шасси с деталями и узлами устанавливают на раму, стойку или в шкаф. Перед этой установкой к шасси прикрепляют переднюю панель. На рис. 1-2 показано шасси с передней панелью. Если шасси предназначено для последующей установки в шкаф или на стойку, то передняя панель должна быть достаточно прочной, так как в этом случае она является своего рода крепежным кронштейном, который крепится с помощью болтов к раме стойки. Рамы и стойки имеют довольно простую конструкцию. Они состоят из нескольких листов металла и полос уголкового профиля, соединенных друг с другом болтами. Размеры рам рассчитывают для конкретных панелей, которые будут к ним прикреплены. Одновременно к одной раме могут крепиться одна, две или три панели. На рис. 1-3 показаны типовые рамы и передняя панель. Если шасси вставляется внутрь ящика (рис. 1-4), то перед-

ней панели не требуется, так как ею служит одна из стенок самого ящика.

В некоторых случаях отпадает необходимость в крепежной раме. На рис. 1-5 приведены примеры комбинированных ящиков и шкафа, где рамы являются их неотъемлемой частью. Ящики для бытовых радиоустройств обычно делают из дерева или пластика, подобранных под цвет домашней мебели. В некоторых случаях ящики или монтажные шкафы делают из металла, покрывая их затем дополнительно деревянной или пластмассовой облицовкой. Облицовку делают, как правило, сверху, с боков и спереди. Сзади и снизу устанавливают легкосъемные крышки для обеспечения возможности установки шасси и доступа к монтажу.

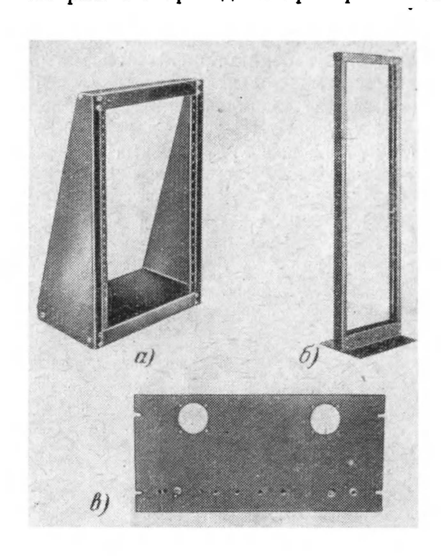


Рис. 1-3. Типовые монтажные рамы (*а* и *б*) и передняя панель, которая крепится к ним (*в*).

Связную и измерительную аппаратуру (приемники и передатчики любительского диапазона, специальную измерительную промышленную аппаратуру и др.) обычно монтируют в металлических ящиках, которые покрываются лаком типа «мороз» черного или серого цвета без последующей дополнительной облицовки (рис. 1-6).

Наряду с установкой шасси в шкафы и креплением их с помощью передних панелей к рамам существуют и другие способы установки аппаратуры. Тот или иной способ установки может быть приемлем в силу различных признаков и условий работы данной аппаратуры. Например, консольная конструкция (рис. 1-7) является простой комбинацией шкафа и стойки с наклонным передним фронтом. Подобные комбинированные шкафы консольного типа используются главным образом для размещения аппаратуры управления и контроля. На них монтируются устройства для регулировки выходной мощности радиоустройств: переключатели диапазонов, элементы настройки, электроннолучевые трубки, измерительные приборы и др. Наклонная панель в этих случаях весьма удобна в эксплуатации, так как она обеспечивает оператору возмож-

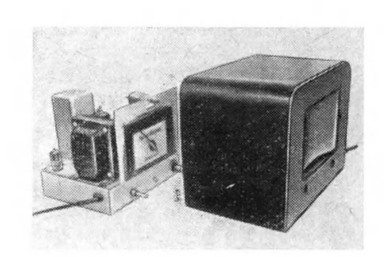


Рис. 1-4. Пример шасси без передней панели.

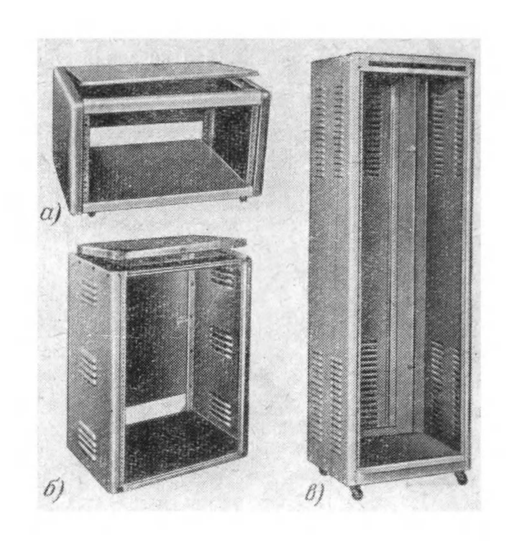


Рис. 1-5. Типовые установочные комбинированные ящики (*а* и *б*) и шкаф (*в*).

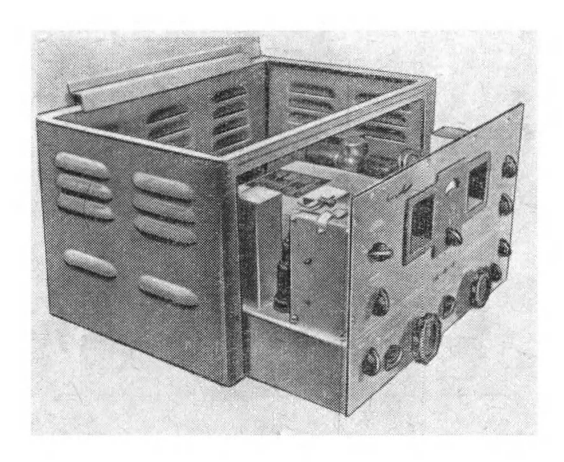


Рис. 1-6. Внешний вид приемника, установленного в металлическом ящике без облицовки.

ность легко и без напряжения наблюдать за показаниями различных индикаторов.

Специфические особенности размещения имеет также радиоаппаратура, устанавливаемая на автомобилях. Она значительно отличается от аппаратуры, которая устанавливается на рамах и в шкафах и работает в стационарных условиях. Для автомобильных радиоустройств наиболее удобным является размещение их на приборном щитке в кабине водителя. Поскольку работать подобным устройствам приходится при постоянной вибрации, при монтаже деталей принимаются все меры, обеспечивающие надежную работу, отсутствие замыканий, поломок, обрывов и пр.

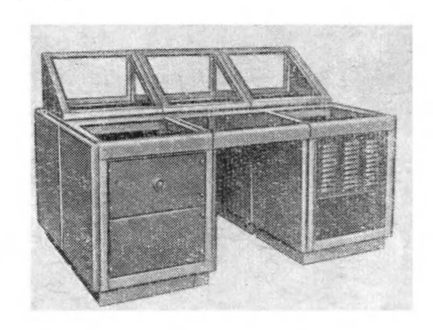


Рис. 1-7. Конструкция консольного типа.

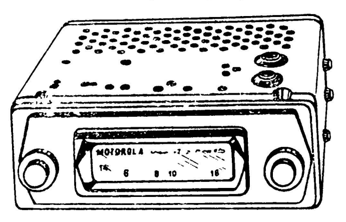


Рис. 1-8. Внешний вид современного автомобильного радиоприемника.

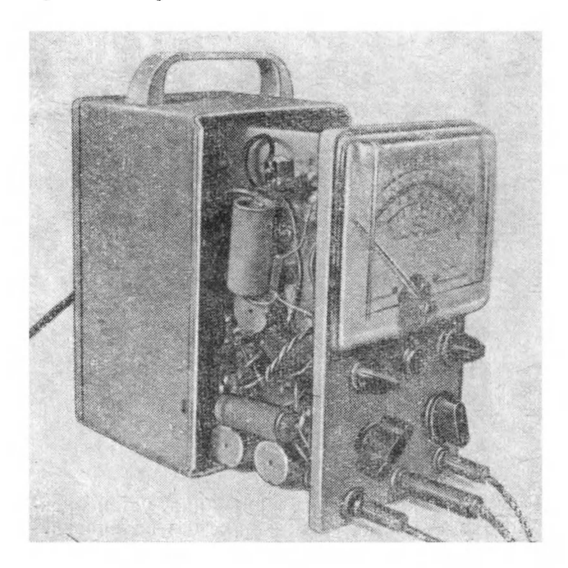


Рис. 1-9. Ламповый вольтметр.

На рис. 1-8 приведен внешний вид современного автомобильного радиоприемника. Он монтируется в небольшой металлической коробке, в которой просверлены вентиляционные отверстия. Передней панелью является одна из боковых сторон коробки; она выходит на приборный щиток автомобиля.

Другим важным типом радиоаппаратуры являются измерительные устройства. Одним из измерительных приборов, широко применяющихся в практике радиоспециалистов, является ламповый вольтметр. На рис. 1-9 показан один из применяющихся в настоящее время типов ламповых вольтметров. Измерительная аппаратура обычно оформляется в виде металлического ящика или кожуха и часто монтируется вместе с другими электрическими устройствами на общей раме или в шкафу. Измерительные приборы в ряде случаев требуют вспомогательного оборудования в виде измерительных щупов и пробников.

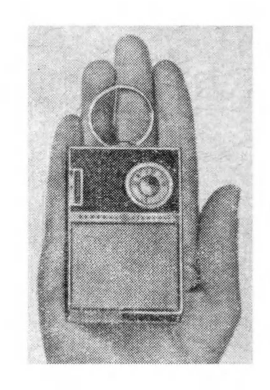


Рис. 1-10. Малогабаритный транзисторный радиоприемник карманного типа.

В настоящее время все более и более популярными становятся устройства, построенные на полупроводниковых приборах. Транзисторы (так называются полупроводниковые приборы) выполняют те же функции, что и электронные лампы, но они более компактны, потребляют меньше электроэнергии, не выделяют столько тепла, как лампы, что облегчает режим работы устройства. Радиоприемники на транзисторах имеют очень малые размеры и могут свободно уместиться в кармане, поэтому их часто и называют карманными приемниками. На рис. 1-10 показан один из подобных приемников, снабженный малогабаритной направленной рамочной антенной.

В последующих главах мы рассмотрим транзисторы, электронные лампы и другие радиодетали, составляющие основу любого современного радиоустройства.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ИНСТРУМЕНТ И ОБОРУДОВАНИЕ

Эта глава носит обзорный характер. В ней мы познакомим читателя с основными видами инструмента, который может оказаться полезным при построении радиотехнических устройств.

В последующих главах при подробном разборе поэтапного конструирования радиоустройств каждый раз будет уделяться внимание инструменту, применяемому в данном конкретном случае, и приемам работы с ним.

ИНСТРУМЕНТЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ПРИ СБОРКЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Для того чтобы построить какое-либо радиотехническое устройство, недостаточно одной лишь отвертки, как думают некоторые непосвященные. Для этого необходим определенный минимум различных инструментов, который намного облегчит работу и обеспечит хорошее качество ее выполнения.

Наименование инструмента	Количество
Плоскогубцы типа «утиный нос» (длинногубцы)	1
Кусачки боковые (бокорезы)	1
Монтажный нож (средний перочинный)	1
Электропаяльник мощностью 50—100 *вт*	1
Припой и флюс	—
Отвертки с шириной лезвия 3, 6 и 12—16 *мм* .	3
Плоскогубцы раздвижные	1
Наждачная бумага	—

Имея такой набор инструментов, вы сможете собрать радиоприемник или другой прибор из готовых деталей, приобретенных в виде набора. Металлические детали, имеющиеся в наборе, не требуют дополнительных слесарных и других доработок, поэтому вам лишь понадобится инструмент для сборки готовых узлов и монтажа их в соответствии со схемой. В дальнейшем для удобства работы вы можете расширить этот набор инструментов, добавив к нему укороченную отвертку с шириной лезвия 6 *мм*, щипцы для зачистки концов монтажных проводов, монтажный паяльник с тонким жалом (мощностью 20 *вт*) и три торцовых ключа под гайки 4, 6 и 8 *мм*.

Для проведения более сложных работ, включающих обработку металла, вам придется расширить ваш набор, приобретя следующие инструменты:

Наименование инструмента	Количество
Ручная дрель	1
Сверла диаметром 2, 3, 4 и 6 *мм* . .	По 1
Штампы для прорезания отверстий под ламповые панели	2
Молоток с полукруглым бойком . . .	1
Кернер	1
Коническая ручная отвертка	1
Разводной гаечный ключ	1
Калиброванный металлический угольник	1
Слесарные ножницы по металлу . .	1

Наверняка у каждого имеются дома отвертка, плоскогубцы, перочинный нож, молоток, кусачки. Необходимо лишь приобрести недостающий инструмент, и можно начинать. При этом, очевидно, не потребуется больших затрат. А по мере повышения интереса к работе и накопления опыта этот небольшой набор инструментов будет постепенно пополняться, и со временем у вас наберется полный ассортимент инструмента, который позволит вам более оперативно и качественно выполнять самые разнообразные работы по металлу, дереву и пр. Он будет

включать в себя мощную электромеханическую дрель, более полный набор сверл, разверток и т. д.

Ниже мы приводим перечень инструментов, которым должен обладать опытный радиолюбитель, имеющий у себя дома нечто вроде радиолюбительской мастерской, которая по оснащению почти не отличается от промышленной.

Наименование инструмента	Количество
Сверлильный станок	1
Настольные тиски слесарные	1
Ручные тиски и зажимные скобы	Набор
Сверла (всех потребных размеров по нескольку штук)	»
Штампы (ударного и винтового типов) для прорезания отверстий под ламповые панели, переключатели, электролитические конденсаторы и т. д.	»
Круговой резак для прорезания круглых отверстий больших диаметров	1
Кернер	1
Молотки (с полукруглым, плоским и острым бойками)	3
Деревянный молоток (киянка)	1
Ручные развертки (коническая, цилиндрическая и широкоугольная) для развертывания отверстий диаметром до 12 *мм* (малые) и 22 *мм* (большие)	Набор
Напильники разные с мелкой и крупной насечками (круглые, плоские, полукруглые, трехгранные)	»
Ключи гаечные разводные (большой и малый)	2
Угольник металлический калиброванный	1
Ножовка с набором полотен	1
Ножницы ручные слесарные	1
Ножницы механические	1
Лобзик	1
Отвертки (прямые, угловые, укороченные, с держателем и др.)	Набор
Торцовые ключи	»
Плоскогубцы комбинированные раздвижные и обычные	2
Метчики и лерки (плашки)	Набор
Скобы зажимные	»
Длинногубцы: прямые, узкие удлиненные, с загнутыми носами	3
Бокорезы большие и малые	2
Ножи монтажные большой и средний	2
Паяльники мощностью 20, 50, 100 и 300 *вт*	4
Комбинированные подставки для паяльников	Набор
Припои и флюсы	—
Наждачная бумага и ветошь	Набор
Некорродирующий лак для пайки	—
Запасные стержни к паяльникам	Набор
Пинцеты	»
Приспособления для зачистки проводов (щипцы)	1—2

Но на первых порах придется, конечно, ограничиться необходимым минимумом инструмента, который позволит начинающему в процессе работы составить представление о назначении и возможностях того или иного приспособления и приобрести определенные навыки в работе с инструментом. Это поможет вам в дальнейшем разумно пополнить список вашего инструмента и подобрать именно то, что вам более всего будет нужно для проведения работы.

Последующее изложение материала этой главы ведется в таком плане, чтобы ознакомить читателя с назначением инструмента, его особенностями, достоинствами и недостатками. Затем будет сделан обзор материалов, которые применяются при изготовлении, монтаже, наладке и ремонте радиоаппаратуры. Не всегда в условиях радиолюбительской практики удается достать тот или иной материал или инструмент, однако нужно знать о них, с тем чтобы можно было грамотно подойти к оценке своих возможностей в каждом конкретном случае.

Рассмотрение отдельных типов инструментов будет в дальнейшем вестись в порядке, соответствующем главным операциям при построении типового радиоустройства. Вначале будет рассмотрен инструмент, который необходим при изготовлении шасси, затем инструмент для сборки основных узлов конструкции и, наконец, инструмент, необходимый при монтаже электрических соединений схемы радиоустройства.

ДРЕЛИ

Одной из первых операций, которые вам придется выполнять после того, как вы определите правильное размещение деталей и узлов будущей конструкции, будет сверление отверстий в шасси. Эта операция подробно разбирается в гл. 3. Некоторые отверстия просверливаются с помощью сверла и дрели, другие пробиваются или прорезаются специальными штампами или круговыми резаками, а отверстия более сложной формы делаются комбинированным способом — сверлением, пропиливанием и обточкой. Самым важным инструментом при этих операциях несомненно является дрель. Дрели бывают трех типов: ручные, портативные механические (пневматические или электрические) и сверлильные приспособления типа станков.

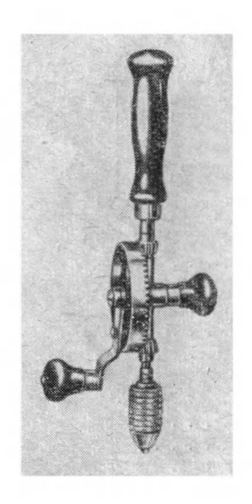


Рис. 2-1. Ручная дрель.

Преимуществами ручной дрели (рис. 2-1) являются простота конструкций, низкая стоимость и безопасность при работе. Недостатками такой дрели являются низкая производительность (работающий с ней быстро устает) и недостаточная мощность для сверления отверстий больших диаметров и твердых материалов. Однако при обработке шасси из алюминия при сравнительно небольшом количестве отверстий эта дрель вполне подходит. Необходимо только иметь дополнительно ручную развертку, напильник круглого сечения или пробойник типа штампа, для того чтобы иметь возможность доводить отверстия до нужного диаметра.

Многие радиолюбители применяют в своей практике малогабаритные электродрели. Наиболее удобной является в подобных делах электродрель с патроном под сверла диаметром 6—8 *мм* (рис. 2-2, *а*). С помощью такой дрели можно просверлить отверстия и бóльших диамет-

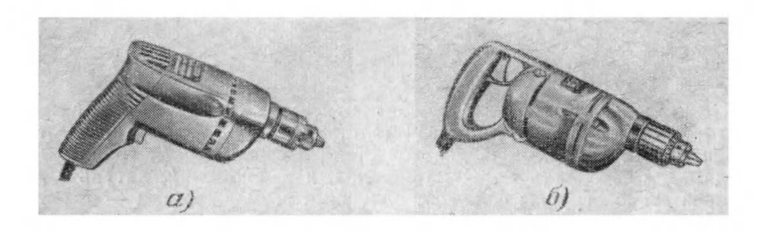


Рис. 2-2. Малогабаритные электродрели.

а — электродрель с патроном под сверла диаметром 6—8 *мм*; *б* — электродрель с патроном под сверла диаметром до 9—12 *мм*.

ров. Для этого основание соответствующего сверла стачивают так, чтоб оно могло войти в патрон дрели. Но диаметр сверла ограничивается в этих случаях мощностью электродвигателя данной электродрели. При сверлении твердых материалов не следует применять сверла имеющие диаметр, больший чем диаметр отверстия в патроне, так как при этом можно поломать дрель и испортить обрабатываемую деталь.

Имеются специальные более мощные дрели для сверл диаметром до 12 *мм* (рис. 2-2, *б*). Они используются при сверлении отверстий диаметром более 6 *мм* и с материалами, более твердыми, чем алюминий. В этом их определенное преимущество, но необходимо заметить, что такие дрели более дороги, более массивны и с ними тяжело работать. Поэтому лучше пользоваться дрелью с патроном под сверла диаметром до 6 *мм*, а при необходимости получить отверстие большего диаметра дополнять ее разверткой, напильником и другим специальным ручным инструментом.

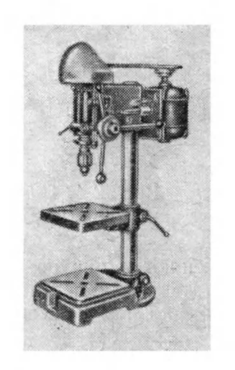


Рис. 2-3. Сверлильный станок прессового типа.

Некоторые электродрели могут работать на двух скоростях, что очень удобно, так как сверление различных отверстий более эффективно при различных скоростях. Так, при сверлении отверстий малого диаметра рекомендуется работать на более высоких скоростях, чем при сверлении отверстий большого диаметра.

Используя сверлильный станок (рис. 2-3), можно более производительно и точно делать самые разнообразные отверстия. Здесь вы гарантированы от перекосов и перемещений сверла, которые имеют место, когда вы работаете с обычной дрелью.

В тех случаях, когда вы сверлите отверстия малого диаметра в мягком материале, можно держать обрабатываемую деталь рукой Однако при сверлении более твердых материалов сверло может застрять и обра-

батываемая деталь начнет вращаться с большой скоростью, что может быть причиной травмы руки или других неприятных последствий. Поэтому во избежание неприятностей лучше использовать при сверлении зажимы, с помощью которых можно жестко закрепить обрабатываемую деталь.

СВЕРЛА

Сверла делятся на две группы: в первую группу входят сверла, изготовленные из углеродистой стали, во вторую — сверла, изготовленные из вольфрам-молибденовой стали. Сверла первой группы пригодны для сверления таких материалов, как алюминий, латунь и др.; сверла второй группы обладают бо́льшими возможностями — они при-

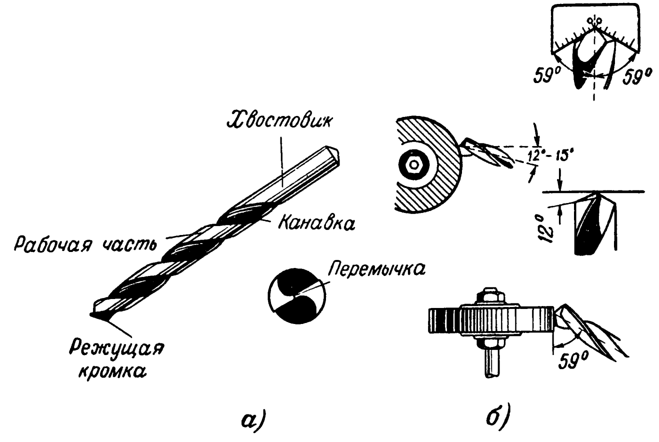


Рис. 2-4. Спиральное сверло (*а*) и приемы его заточки (*б*).

меняются при сверлении более твердых материалов. Поэтому многие пользуются сверлами этой группы. Для сверления металлов сейчас в основном применяются сверла спирального типа (рис. 2-4, *а*).

Для сохранения работоспособности сверл необходимо, чтобы они всегда были заточены. Тупое сверло не только замедляет работу, но также сильно перегревается при сверлении, теряет свою закалку и может поломаться. На рис. 2-4, *б* наглядно показано, как осуществляется заточка сверла. При заточке необходимо следить за тем, чтобы не нарушить два основных угла сверла: угол при вершине (между режущими кромками), который должен составлять 116—120°, и угол наклона канавки к продольной оси, который должен составлять 25—30°. Из опыта известно, что такие углы хороши для стали, железа и алюминия. Для латуни и бронзы угол при вершине должен быть немного меньше; для еще более твердых материалов угол наклона канавки к продольной оси должен быть уменьшен до 18—20°. Точить сверла можно вручную, соблюдая эти углы на глаз, но лучше для этого пользоваться специальным шаблоном.

Вам понадобятся различные сверла, но в основном это сверла с малым диаметром, поскольку все крепежные винты в радиоустройствах бывают диаметром 3—6 *мм*. Прежде чем нарезать резьбу в шасси под винты, необходимо просверлить отверстие определенного диаметра.

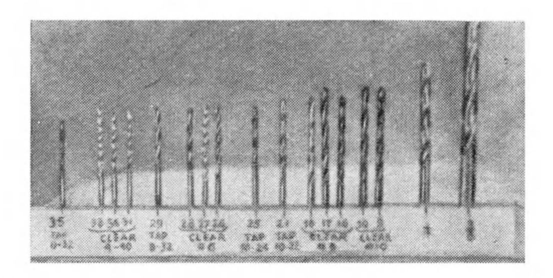


Рис. 2-5. Способ хранения сверл на рабочем верстаке в специальной деревянной подставке.

Очевидно, диаметр отверстия должен быть меньше диаметра винта. Как выбрать диаметр сверла в зависимости от диаметра резьбы показано ниже.

Наружный диаметр резьбы, *мм*	Диаметр сверла, *мм*	Наружный диаметр резьбы, *мм*	Диаметр сверла, *мм*
1,0	0,75	5,0	4,1
1,2	0,95	6.0	4,9
1,4	1,15	8,0	6,7
1,7	1,35	10,0	8,4
2,0	1,6	12,0	10,3
2,3	1,9	14,0	11,9
2,6	2,15	16,0	13,9
3,0	2,5	18,0	15,4
3,5	3,0	20,0	17,4
4,0	3,3		

Сверла для оперативности в работе необходимо держать на рабочем месте. Лучше укреплять их непосредственно на верстаке в специальной деревянной подставке (рис. 2-5).

ПРОРЕЗАНИЕ БОЛЬШИХ ОТВЕРСТИЙ В ШАССИ

Винтовые штампы. Кроме сверл, для получения отверстий в шасси применяются также специальные винтовые штампы. С помощью таких штампов можно получать отверстия диаметром от 12 до 75 *мм*. Подобные штампы (рис. 2-6) состоят из матрицы и пуансона, которые стягиваются с помощью направляющего винта, проходящего через центр штампа. Для прорезания отверстия матрицу и пуансон размещают по обе стороны листа металла и затем стягивают с помощью винта до полного их соприкосновения. При этом прорезается круглое отверстие с диаметром, соответствующим диаметру режущей части пуансона. Подобные

круговые сжимные штампы широко применяются для прорезания отверстий под ламповые панели, электролитические конденсаторы, большие гнезда, различные штекеры, измерительные приборы, сигнальные лампы на передних панелях и др.

Ниже мы приводим размеры наиболее распространенных штампов и указываем их основное назначение. Для начала вполне достаточно иметь подобный набор штампов. В процессе работы и приобретения навыка конструирования радиоаппаратуры вы сможете по своему усмотрению расширить ассортимент этих штампов

Диаметр пробиваемого отверстия, *мм*	Диаметр направляющего винта, *мм*	Назначение штампа
12,7	6,0	Электролитические конденсаторы, арматура сигнальных ламп
16,0	6,0	Панели семиштырьковых пальчиковых ламп
19,0	9,0	Гнезда панели девятиштырьковых пальчиковых ламп
25,4	9,0	Обычные ламповые панели
29,0—30,0	9,0	Различные типовые круглые радиодетали
50,0—60,0	19,0	Стрелочные приборы

Квадратные штампы. В тех случаях, когда необходимо установить трансформатор, контур промежуточной частоты и другие детали, имеющие прямоугольное сечение, нужно прорезать в шасси отверстие прямоугольной формы. В этих случаях удобно пользоваться квадратными штампами. В отличие от круглых штампов, каждый из которых годится только для пробивания отверстия определенного диаметра, квадратные штампы имеют универсальное назначение. Имея такой штамп, можно пробивать прямоугольные отверстия со сторонами, бо́льшими, чем размеры самого штампа. Это делается путем последовательного пробивания малых отверстий по периметру требуемого большого отверстия.

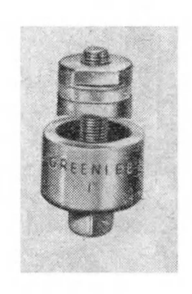


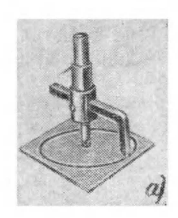
Рис. 2-6. Винтовой штамп.

Кроме квадратных, есть и штампы, пробивающие отверстия треугольной, трапецеидальной и других форм. Отверстие больших размеров и неправильной формы можно прорезать и без специальных штампов, с помощью обычных средств.

Часто вместо штампов винтового типа применяются штампы ударного типа, или пробойники. Принцип их работы заключается в том, что прорезание отверстия в шасси или панели производится не за счет давления при стягивании пуансона с матрицей с помощью направляющего винта, а за счет удара молотком. При этом острая кромка пуансона пробивает отверстие определенного диаметра. Этот способ более производителен. Штампы могут быть комбинированными, когда заменой какой-либо детали другой можно получить отверстия различных диаметров.

Круговые резцы. Другим способом прорезания круглых отверстий в шасси и панелях является использование круговых резцов (рис. 2-7, *а*). С ними нужно обращаться осторожно, поскольку неосто-

рожность может повлечь за собой травму. Это является большим недостатком их. Но, несмотря на это, у них есть и определенные преимущества. Главным является то, что с помощью такого устройства можно прорезать в шасси круглые отверстия различных диаметров. Диаметр



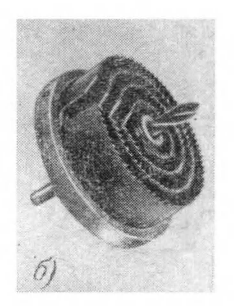


Рис. 2-7. Круговой резец (*а*) и круговая пила (*б*).

может плавно регулироваться. Само приспособление весьма простое по конструкции. Применение его, однако, ограничено в связи с тем, что с ручной дрелью оно малоэффективно. Удобнее использовать его с электродрелью или сверлильным приспособлением типа того, которое описывалось выше.

Круговые пилы (рис. 2-7, *б*) применяются для вырезания круглых отверстий в шасси и панелях. Круговая пила приводится во вращение электродрелью или сверлильным станком. Для получения отверстий различных диаметров требуется набор таких пил.

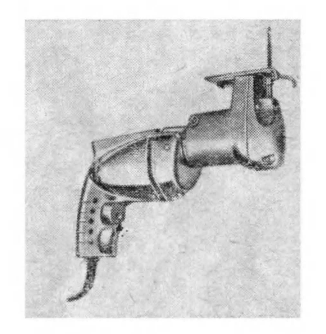


Рис. 2-8. Механический лобзик.

Лобзиковая пила (рис. 2-8) — весьма быстродействующая пила малых размеров, которая приводится в движение от электромоторчика с помощью специальной вращательно-поступательной передачи. Ее можно осуществить на основе обычной электродрели, приспособив к ней указанный механизм передачи. Такие пилы используют для прорезания в шасси или панелях больших отверстий неправильной формы.

Подробно о применении всех инструментов для прорезания отверстий будет рассказано в гл. 3.

РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА

При работе с металлическим шасси, панелью, ящиком и другими металлическими деталями необходим определенный набор ручных инструментов. Рассмотрим некоторые из них, которые используются и при других видах работ при конструировании радиоаппаратуры.

Кернеры. Перед тем как приступить к сверлению отверстия в шасси, необходимо сделать точечное углубление в том месте, где должен быть

центр будущего отверстия. Это углубление необходимо для того, чтобы можно было точно установить сверло и фиксировать его положение в начале сверления. Для получения таких углублений нужно ударить молотком по бойку кернера (рис. 2-9, *а*). Есть кернеры, которые содержат внутри себя ударные устройства типа пружинного спускового механизма и не требуют применения молотка. Если шасси алюминиевое, то небольшие углубления можно делать шилом, после чего начинать сверление сверлом малого диаметра.

Молотки. Во многих механических операциях с металлическими шасси и панелями применяются молотки с округлыми концами (рис. 2-9, *б*). Вес молотка должен быть 300—400 *г*.

Развертки необходимы для расширения просверленных отверстий в шасси и панелях. Нас будут интересовать в основном развертки кони-

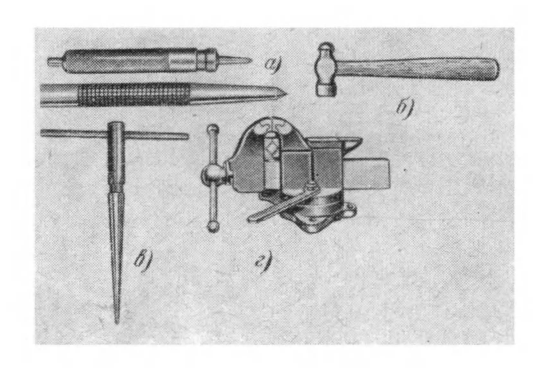


Рис. 2-9. Ручной инструмент для обработки металла.

а — кернеры; *б* — молоток; *в* — коническая ручная развертка; *г* — тиски настольные.

ческого типа с рукояткой. Такая развертка показана на рис. 2-9, *в*. В общем случае вполне пригодна развертка с максимальным диаметром 12 *мм*, однако лучше, если есть развертки на 12 и 22 *мм*. Кроме конических, могут быть использованы в ряде случаев также цилиндрические прямые развертки.

Тиски (рис. 2-9, *г*) являются незаменимым инструментом при проведении слесарных работ. Бывают ручные и настольные тиски. Настольные тиски крепятся болтами к верстаку. Они используются при сверлении, пилении и обтачивании различных металлических и других деталей; кроме того, их можно использовать для сжатия частей штампа при пробивании отверстий в шасси и при других механических операциях. Обрабатываемая деталь зажимается между губками тисков, так что она находится в строго зафиксированном положении.

Напильники. При работе вам потребуются четыре-пять напильников. Вам обязательно будут нужны — большой плоский и — большой круглый напильники. Оба с грубой насечкой. Длина их должна быть 25—30 *см*, а диаметр круглого напильника 10—12 *мм*. Понадобится также большой полукруглый напильник. Кроме них, хорошо иметь несколько небольших напильников — плоский, полукруглый и круг-

лый. Последний используют в тех случаях, когда круглое отверстие необходимо распилить до эллиптической формы.

Поскольку в большинстве случаев приходится обрабатывать алюминий, необходимо, чтобы напильники были острыми. При обработке

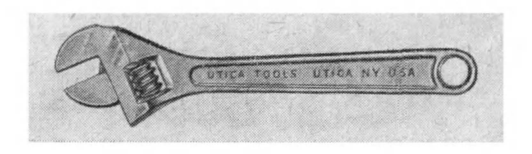
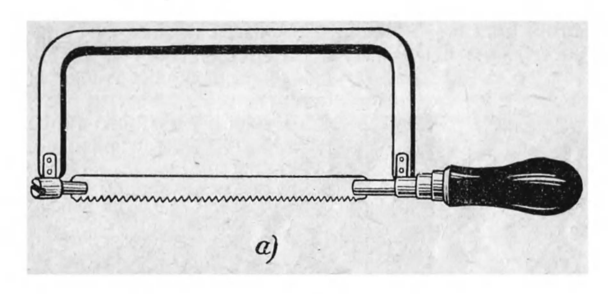


Рис. 2-10. Разводной ключ.

мягких металлов канавки насечки напильника забиваются мелкой металлической пылью — как говорят, напильник «засаливается». Это затрудняет работу. Для уменьшения засорения насечки надо применять в таких случаях по возможности самые грубые напильники; кроме того, надо иметь щетку для напильников, жесткий металлический ворс



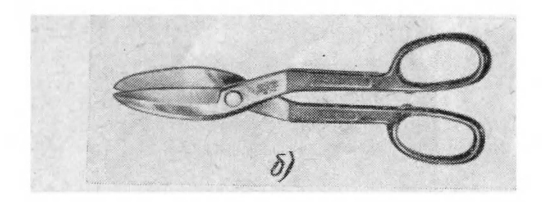


Рис. 2-11. Ножовка (*а*) и ножницы по металлу (*б*).

которой легко очищает насечку напильника от пыли. Для уменьшения засорения насечки рекомендуется также натирать ее перед работой мелом.

Гаечные ключи. Широкое применение нашли разводные ключи, подобные показанному на рис. 2-10. Они используются в основном для завинчивания гаек потенциометров регуляторов усиления, переключателей и др., а также при завинчивании направляющего винта штампа при пробивании отверстий в шасси. Удобно иметь ключ с максимальным размером рабочего зазора 10—12 *мм*.

Ножовка (рис. 2-11, *а*) применяется в основном для прорезания в шасси больших отверстий неправильной формы, вырезания подставок и при других операциях. Хотя в радиолюбительской практике точные размеры полотна ножовки не имеют значения, все же желательно иметь полотна, содержащие 5—7 зубьев на 1 *см* рабочей длины.

Ножницы по металлу (рис. 2-11, *б*) используются в тех случаях, когда необходимо изготовить шасси из листа металла, а также при изготовлении различных подставок под детали для крепления их на шасси, экранов и других предметов из листового металла.

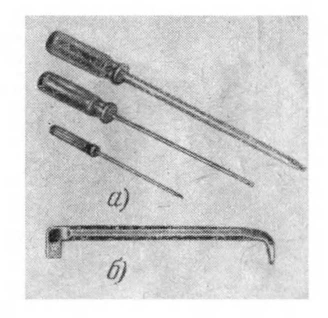
Зубило требуется в тех случаях, когда необходимо отрубить кусок металла от листа или прорубить в шасси отверстие сложной формы. Для этого вначале оно высверливается по требуемому контуру сверлом малого диаметра, а затем перемычки между отверстиями прорубаются зубилом. Оно удобно также для удаления заусениц после сверления отверстий.

РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ПРИ СБОРКЕ

Рассмотрим ручной инструмент, который используется главным образом при сборке деталей на шасси, установке в шкаф и т. п.

Отвертки. Соединение деталей на шасси производится при помощи винтов, которых на одном шасси может быть больше сотни. Поэтому каждому радиолюбителю необходима отвертка.

Существует много типов отверток различных форм и размеров, но нам будет вполне достаточно трех типов, показанных на рис. 2-12, *а*. Наименьшая имеет ширину лезвия 3 *мм*, средняя — от 4,5 до 6 *мм* и наибольшая — 7,5 *мм* и более. Для работы в труднодоступных местах хорошо иметь еще отвертку с укороченным лезвием. В особо труднодоступных местах пользуются специальной изогнутой отверткой (рис. 2-12, *б*).



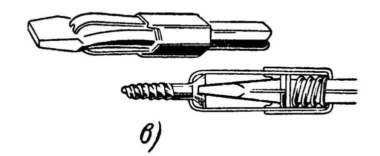


Рис. 2-12. Необходимый при радиомонтаже набор отверток (*а*), изогнутая отвертка (*б*) и отвертка с захватом (*в*).

Еще один интересный вид отверток — отвертка с захватом, в которой головка винта захватывается специальным зажимом. Схематическое изображение такой отвертки показано на рис. 2-12, *в*.

Торцовые ключи (рис. 2-13) предназначены для завинчивания и отвинчивания винтов, гаек и болтов с соответствующей формой головки.

Ключи специальной формы (рис. 2-14) имеют шестиугольные сечения и предназначены для работы с винтами и болтами, имеющими головку специальной формы.

Метчики и лерки (плашки). В своей практике радиолюбители, как правило, используют готовые винты и гайки. Но в ряде случаев приходится пользоваться нестандартными приспособлениями, снабжен-

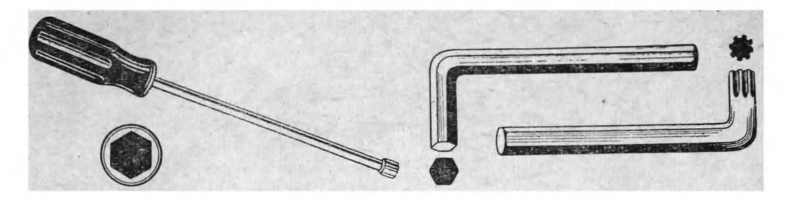


Рис. 2-13. Торцовый ключ. Рис 2-14. Ключи специальной формы.

ными резьбой. Это могут быть либо стержни, на поверхности которых нарезана резьба, либо отверстия в шасси или панелях, в которых также нарезана резьба. Нарезание резьбы в подобных случаях производится

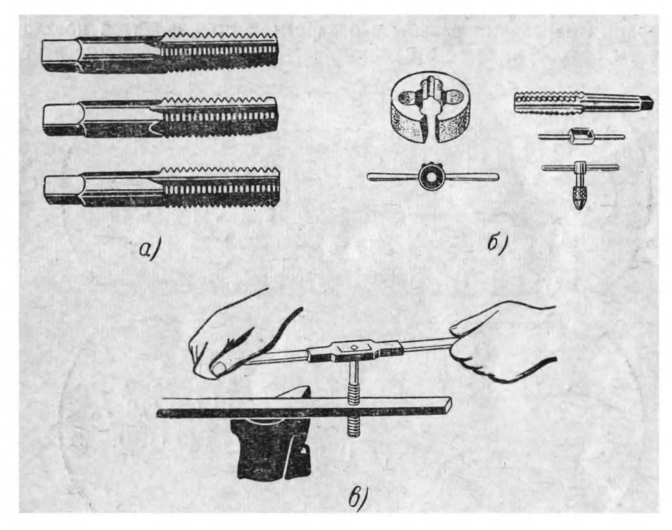


Рис. 2-15. Метчики (*а*), лерки (*б*) и прием нарезания резьбы в листовом металле с помощью метчика (*в*).

самим конструктором радиоустройства. Для этого служат специальные приспособления — метчики и лерки.

Метчики (рис. 2-15, *а*) служат для нарезания резьбы в круглых отверстиях в шасси и панелях, а лерки (рис. 2-15, *б*) используются для нарезания резьбы на металлических прутках и стержнях. При нарезании резьбы с помощью метчиков и лерок вручную для удобства применяют специальные ключи. На рис. 2-15, *в* наглядно показано, как с помощью метчика осуществляется нарезка резьбы.

Метчики и лерки часто бывают необходимы, когда требуется соединить между собой листы металла или диэлектрика (изоляторы). В этом случае листы накладывают друг на друга, тщательно подгоняют, а затем получившийся пакет зажимают в тисках и электродрелью

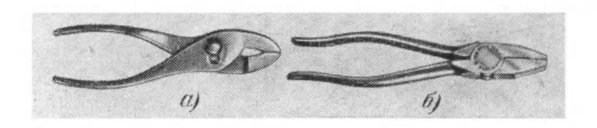


Рис. 2-16. Комбинированные раздвижные (газовые) плоскогубцы (*а*) и обычные плоскогубцы, применяемые при электромонтаже (*б*)

в нескольких местах просверливают отверстия определенного диаметра. Затем в этих отверстиях нарезают резьбу и листы стягивают винтами, которые проходят через указанные отверстия.

Операция нарезания резьбы в отверстиях производится поэтапно. Вначале вы просверливаете в нужном месте в шасси отверстие необхо-

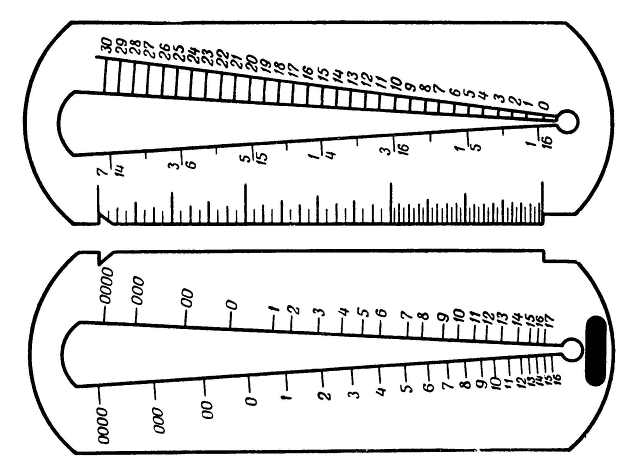


Рис. 2-17. Приспособления для калибровки винтов.

димого диаметра. О том, каким должен быть диаметр отверстия для нарезания резьбы, мы уже говорили.

Для нарезания резьбы вручную пользуются комплектом, состоящим из двух или трех метчиков. В комплект, состоящий из трех метчиков, входят черновой, средний и чистовой метчики. Черновой метчик первым производит нарезание резьбы; затем применяют средний метчик; чистовой метчик используют для окончательного нарезания резьбы и калибровки ее.

Помимо ручных метчиков, имеются машинные метчики, которые объединяют в себе сразу три метчика и, как показывает их название, применяются при нарезании резьбы на станках.

Держать метчик при нарезании резьбы нужно по возможности прямее, без перекосов; тогда винтовая часть метчика лучше будет входить в отверстие. Если при нарезании резьбы вы будете чувствовать сопротивление, т. е. метчик с трудом будет входить в отверстие, то нужно частично вывинтить его, а затем снова продолжать нарезку резьбы.

Плоскогубцы. Для сборочных и общих механических работ хорошо иметь два типа плоскогубцев, которые показаны на рис. 2-16. Кроме указанных типов, существуют плоскогубцы других конструкций, которые применяются при монтаже электрических соединений. О них будет сказано несколько слов ниже.

Приспособления для калибровки винтов. Опытные монтажники на глаз определяют размеры винтов. Однако в некоторых случаях даже они вынуждены пользоваться специальными приспособлениями. Назовем для краткости такие приспособления калибраторами. На рис. 2-17 показаны два таких калибратора. Они могут быть полезными не только при калибровке винтов. С их помощью можно легко определить диаметр провода, прутка и др.

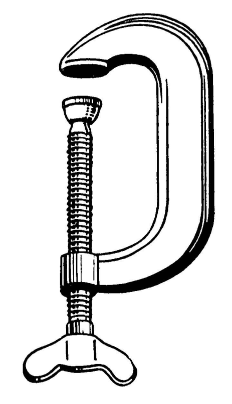


Рис. 2-18. Струбцина.

Струбцина (рис. 2-18) представляет собой С-образную скобу, между концами которой перемещается винт с плоской головкой. Обрабатываемая деталь зажимается с помощью этого винта. Если, например, нужно просверлить отверстия в шасси и ответные отверстия в панели, которая должна крепиться к шасси, то панель аккуратно подгоняют к шасси, а затем их стягивают с помощью струбцины и сверлят одновременно. При одновременном сверлении нескольких деталей больших размеров одной струбцины оказывается недостаточно. В этих случаях для зажима можно одновременно использовать несколько струбцин.

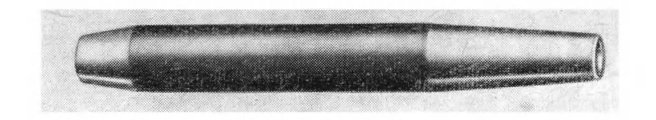


Рис. 2-19. Приспособление для клепки.

Приспособление для клепки. Несмотря на то, что в практике радиомонтажных работ используются в основном винтовые соединения, в ряде случаев более удобным оказывается применение заклепок. Для клепки применяются специальные клепальные приспособления. По форме оно напоминает обычный пробойник или кернер (рис. 2-19), но с тупыми концами. На узком конце такого приспособления имеется полукруглая выемка, в которую вставляется головка заклепки.

РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ, ПРИМЕНЯЕМЫЙ ПРИ МОНТАЖЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

При монтаже радиодеталей в соответствии со схемой требуется определенный инструмент. Ассортимент его невелик, но обойтись без него при монтаже радиосхем невозможно. Перечислим коротко этот инструмент.

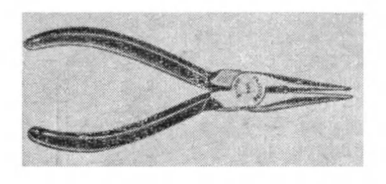
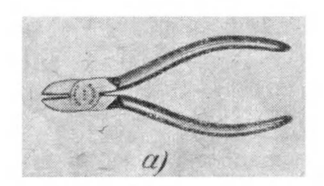


Рис. 2-20. Длинногубцы.

Длинногубцы (плоскогубцы типа «утиный нос») (рис. 2-20) являются необходимой принадлежностью радиомеханика. Они используются при укладке проводов по месту при пайке; благодаря удлиненной и заостренной форме ими удобно оперировать в условиях плотного монтажа. При пайке ими удерживают спаиваемые концы проводов, причем масса длинногубцев используется для отвода тепла, что особенно важно при пайке выводов полупроводниковых приборов, весьма



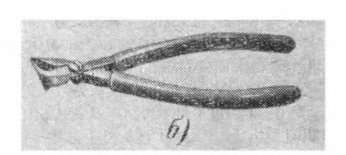


Рис. 2-21. Бокорезы (*а*) и торцовые кусачки (*б*).

чувствительных к высокой температуре. Длинногубцами пользуются также при протаскивании проводов в тех местах, где из-за густоты монтажа пальцами сделать это просто невозможно.

Бокорезы (кусачки боковые) (рис. 2-21, *а*) также являются одним

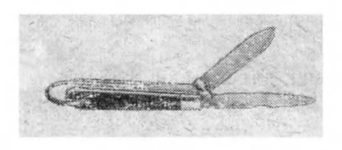


Рис. 2-22. Монтажный нож

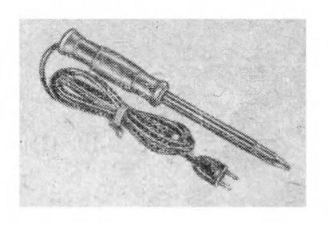


Рис. 2-23. Паяльник.

из основных инструментов при монтаже, так как прежде чем производить пайку концов, вам всегда вначале необходимо обрезать их до нуж-

ной длины. Кроме бокорезов, часто используются торцовые кусачки, показанные на рис. 2-21, *б*. Они применяются для откусывания более жестких проводов; их можно использовать в тех случаях, когда требуется укоротить имеющийся винт или откусить кусок стального прутка.

Монтажный нож (рис. 2-22) используется для отрезания и зачистки проводов, для зачистки металлической поверхности до блеска с целью обеспечения хорошего электрического контакта и при других операциях. Для этих целей может пригодиться любой перочинный нож.

Паяльник (рис. 2-23) безусловно будет вам нужен как при проведении монтажа, так и на заключительном этапе доводки изготовленного вами прибора. В различных случаях может понадобиться либо мощный паяльник с толстым жалом, либо маломощный — с тонким жалом. Процесс пайки подробно будет разобран в гл. 5.

Приспособления для зачистки концов проводников от изоляции. Во время монтажа электрических соединений вам часто понадобится зачищать концы проводников от изоляции. Это, конечно, можно сделать и с помощью ножа, бокорезов или длинногубцев или комбинированных плоскогубцев. Однако более удобно это делать с помощью специальных щипцов (рис. 2-24). При этом на проводнике не получается вмятин и надрезов, что имеет место при зачистке другим инструментом и может со временем привести к поломке провода и нарушению контакта.

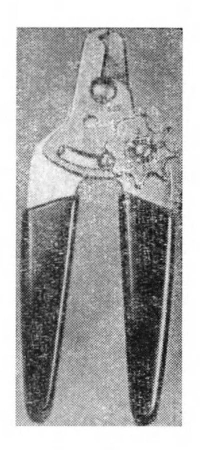


Рис. 2-24. Специальные щипцы для зачистки изоляции проводов.

Пинцет (рис. 2-25) применяется для укладки проводов, держания концов проводов при пайке их, протаскивания концов проводов через отверстия монтажных наконечников и клемм и т. п. Кроме того, им удобно вставлять и вынимать из гнезд маленькие винтики, навинчивать на них гаечки и производить другие тонкие операции, связанные со сборкой и разборкой различных узлов радиотехнической аппаратуры.



Рис. 2-25. Пинцет.

Крепежные винты. При выполнении различных механических работ, связанных с креплением деталей, сборкой и соединением их, вам

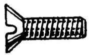
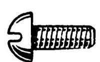
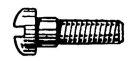
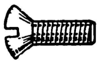





Рис. 2-26. Типы крепежных винтов.

в большом количестве понадобятся крепежные винты, шурупы, болты, гайки, с помощью которых осуществляется это крепление. Имеется несколько типов крепежных винтов; некоторые из них приведены на рис. 2-26. Чаще всего применяются винты с круглой головкой (второй

слева на рис. 2-26). При радиомонтаже используются болты с шестигранными головками. Болты с четырехгранными головками используются редко.

Крепежные винты и болты бывают стальными или латунными. Латунные чаще всего никелируются, стальные могут быть никелированными или кадмированными. Нержавеющая сталь и алюминий также иногда применяются для изготовления винтов. Правда, они обходятся значительно дороже. Их применение может быть оправдано лишь для наружного монтажа, где им приходится постоянно испытывать воздействие атмосферных осадков и окружающей среды.

РАБОЧЕЕ МЕСТО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ[1]

Качество и производительность радиомонтажных работ во многом зависит от того, насколько удачно организовано рабочее место радиолюбителя и каким образом размещены инструмент и оборудование. Размещать инструмент нужно таким образом, чтобы он всегда был под рукой. Для этого необходимо соблюдать раз и навсегда заведенный порядок размещения деталей, инструмента, материалов и оборудования на вашем верстаке.

Для хранения инструмента существуют многочисленные способы и приспособления. Так, например, при монтаже электрических соединений, когда требуется ограниченный набор инструментов, удобнее всего держать их под рукой на верстаке в специальном пенале. Удобно также держать инструмент определенных категорий — монтажный, слесарный, сборочный и др. — в отдельных ящиках верстака, сумках или чемоданах. Существуют специальные сумки (рис. 2-27) с наборами инструментов для слесаря, монтажника, сборщика и др. Удобно располагать инструмент на специальных крючках, укрепленных на передней и боковых стенках верстака, а материалы держать в нишах верстака.

На рис. 2-28 приведен пример оборудования рабочего места в мастерской радиолюбителя. Оно представляет собой верстак, обязательной принадлежностью которого должны быть кассы для хранения крепежных приспособлений (гаек, винтов, заклепок, шайб) и монтируемых радиодеталей (конденсаторов, резисторов, ламп и др.), которые должны быть, так же как и инструмент, разложены в определенном, раз и навсегда заведенном порядке.

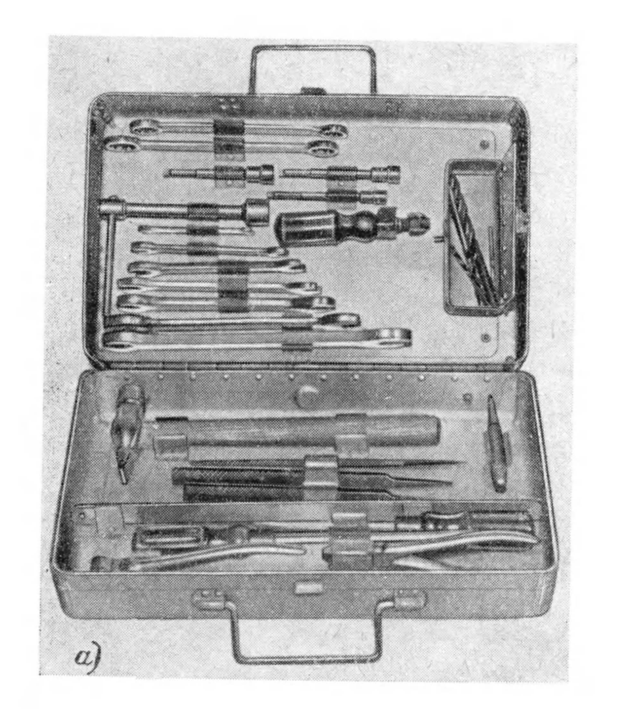
Размещение инструмента в ящиках верстака, пеналах, сумках и пр. должно быть заранее тщательно продумано. Нельзя содержать в одном ящике измерительный, монтажный, сборочный и слесарный инструменты. При хранении «внавал» инструмент портится, рабочее место выглядит неопрятно; это приводит к снижению производительности и качества выполнения монтажных работ.

Слесарные тиски удобно располагать с правой стороны верстака. Там же за ними располагается колодка со штепсельными гнездами на напряжения 220 и 36 *в* переменного тока промышленной частоты. Удобно иметь на боковой стенке верстака автотрансформатор типа ЛАТР. Рядом со штепсельной колодкой размещаются подставка для электропаяльника и коробочка с секциями для припоя и флюса.

Верстак удобнее располагать около окна, таким образом, чтобы свет падал равномерно на всю рабочую поверхность верстака. Необхо-

---

[1] Здесь и далее разделы, обозначенные [1], являются дополнением переводчиков.



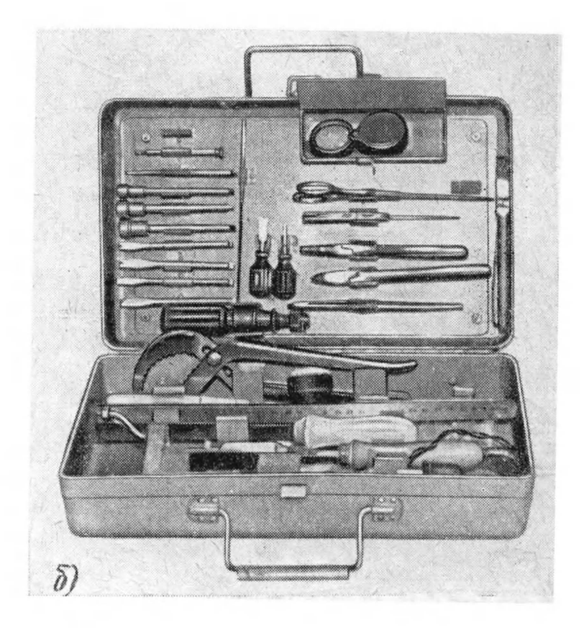


Рис. 2-27. Размещение инструмента в сумках механика (*а*) и электрика (*б*).

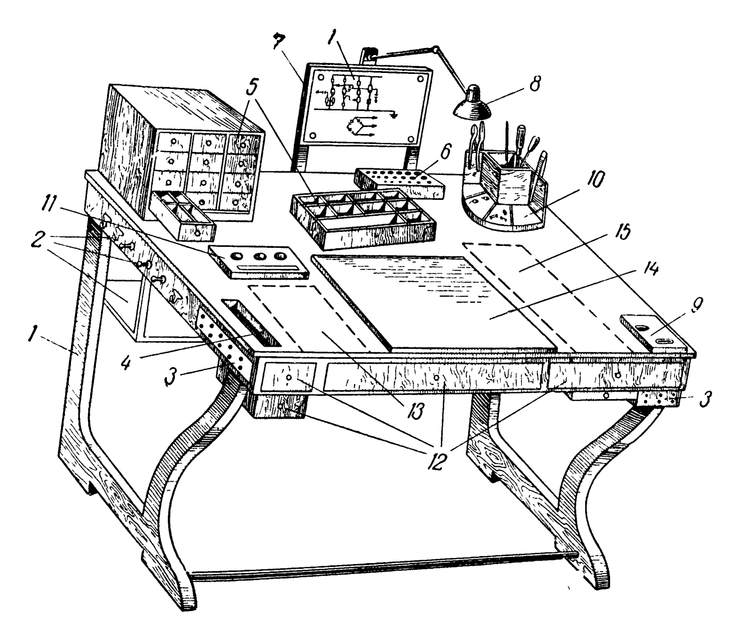


Рис. 2-28. Оборудование рабочего места в мастерской радиолюбителя.

1 — монтажный верстак; *2* — места для размещения механического инструмента и материалов; *3* — штепсельная колодка; *4* — прорезь для сбрасывания отходов; *5* — кассы для радиодеталей, винтов, гаек, шайб и др.; *6* — гнезда для сверл, разверток и метчиков; *7* — рамка для схем и чертежей; *8* — осветительная лампа; *9* — место установки слесарных тисков; *10* — настольная готовальня с монтажным инструментом; *11* — подставка с ванночками и гнездами для флюса, припоя и растворителя; *12* — ящик для инструмента и различных материалов; *13* — место расположения монтажного инструмента при монтаже; *14* — резиновый коврик (деревянная доска); *15* — место расположения подставки с паяльником при монтаже.

димо иметь также электролампу мощностью 60 *вт* с арматурой, обеспечивающей равномерное освещение поверхности стола верстака.

Для работы в домашних условиях лучше всего иметь облегченный сборно-разборный верстак, который всегда можно установить в нужном месте, а после окончания работы разобрать и убрать из помещения.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Во многих случаях для безопасности и улучшения качества работы радиоустройства бывает необходимо соединить его шасси с землей. В домашних условиях наиболее удобным средством для заземления является водопроводная система. Водопроводные трубы проходят глубоко под землей и имеют с ней хороший контакт.

Для заземления лучше использовать трубы, по которым течет холодная вода, так как они входят непосредственно в землю. Трубы с горячей водой, как правило, теплоизолированы от земли, поэтому сопротивление между ними и землей много больше.

Заземляющий провод соединяется с трубами с помощью металлических скоб или хомутов, как показано на рис. 2-29. В месте соединения труба и хомут или скоба должны быть тщательно зачищены. Для заземления используют провод диаметром более 1,0 *мм*.

Очень хорошее заземление получается из медной оплетки шириной 10 *мм* и более. Если у вас нет возможности заземлить шасси с помощью водопроводной трубы, то хорошее заземление можно сделать и своими силами. Для этого берут стальной клин или кусок трубы и забивают его в землю. К вершине клина присоединяют заземляющий провод.

При устройстве заземления длина заземляющего провода должна быть минимальной. Нужно по кратчайшему пути провести к земле заземляющий провод и в этом месте установить клин. Если земля окажется в этом месте чрезмерно сухой, то для обеспечения достаточно хорошего контакта рекомендуется использовать два или более заземляющих стержня. Их нужно соединить между собой и к одному из них подключить заземляющую оплетку или провод. Стержни вбивают в землю на расстоянии 1—2 *м* друг от друга.

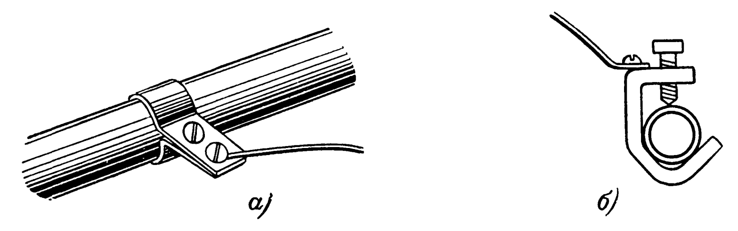


Рис. 2-29. Подсоединения заземляющего провода к водопроводной трубе с помощью хомута (*а*) и скобы (*б*).

Заземляющие цепи используются также для отвода в землю грозовых разрядов. Для этого провод заземления либо непосредственно, либо через переключатель типа рубильник (грозовой переключатель) соединяют с молниеотводом.

Описанная выше конструкция заземления обеспечивает хороший контакт лишь на сравнительно низких частотах. На более высоких частотах (10 *Мгц* и выше) хорошее заземление, т. е. заземление, с помощью которого шасси имело бы потенциал земли, практически осуществить трудно. Благодаря большому переходному сопротивлению цепи «шасси — земля» на нем будет падать значительная часть напряжения полезного сигнала, что нежелательно.

Однако выполненное в соответствии с приведенными выше рекомендациями заземление будет во всех случаях обеспечивать безопасность работы, поскольку нулевой провод источника питания и корпус вашего радиоустройства соединяются с цепью, имеющей потенциал земли.

Любая электропроводка снабжается нулевым проводом, который, как правило, соединяют с корпусом устройства. Последний в свою очередь надежно соединяется с землей. В тех случаях, когда применяют экранированный провод, нулевым проводом является экранная оплетка, к которой и припаивают заземляющий провод.

В многожильных неэкранированных жгутах делается специально одна жила большого диаметра для заземления. Эта жила припаивается

к корпусу устройства. Домашняя электропроводка также имеет нулевой провод. Этот провод вполне можно использовать в качестве заземляющего для цепей питания. При этом нужно лишь следить, чтобы при включении радиоаппаратуры в электросеть корпус аппаратуры подключался именно к заземляющему проводу, а не к другому, который находится под высоким напряжением по отношению к земле. Если перепутать местами эти провода, то получится короткое замыкание на входе аппаратуры. Этой неприятности вполне можно избежать, если пользоваться штепсельными вилками и гнездами специальной конструкции, которая предусматривает соединение их только в одном определенном положении. Такие штепсельные вилки и гнезда называются поляризованными. Применение их избавляет от ряда непредвиденных случаев, могущих стать роковыми. Так, в случае если вы работаете без заземления, при подключении незаземленного прибора к электросети с помощью неполяризованного штепселя вы можете с одинаковым успехом подключить к корпусу вашего прибора либо заземленный провод электросети, либо провод, находящийся под напряжением по отношению к земле. При этом случайное прикосновение к корпусу прибора или водопроводной трубе во втором случае может привести к поражению электрическим током.

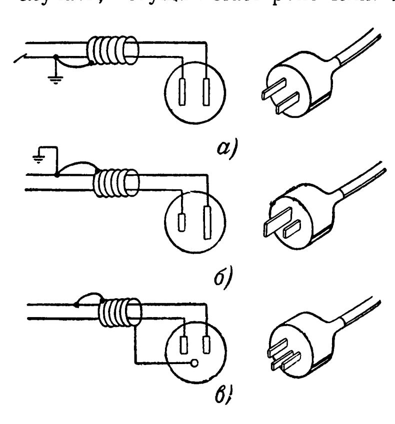


Рис. 2-30. Штепсели.

а — неполяризованный штепсель; *б* — двухпроводной поляризованный штепсель; *в* — трехпроводной поляризованный штепсель.

Используя же поляризованные штепсели (рис. 2-30, *б* и *в*), можно сделать так, что корпуса всей электроаппаратуры, имеющейся в доме, будут иметь потенциал земли и работа с аппаратурой в этом смысле будет вполне безопасной.

Применение поляризованных штепселей особенно полезно в тех случаях, когда питающий блок построен по бестрансформаторной схеме, при которой один провод питания соединен непосредственно с шасси. Применение поляризованного штепселя в этом случае гарантирует от подсоединения к шасси сетевого провода, находящегося под напряжением по отношению к земле. В этом случае шасси получается автоматически заземленным.

Поляризованный штепсель может вполне служить вместо любого неполяризованного, который имеется в доме. Однако если у вас нет опыта в установке такого штепселя, лучше самому этой замены не производить, а пригласить электромонтера.

Поляризованные розетки и вилки весьма полезно применять, когда вы собираетесь пользоваться в домашних условиях мощным электроинструментом. Чаще всего он питается от электросети с помощью трехжильного силового кабеля, два проводника которого соединяются с электросетью, а третий — с металлическим корпусом инструмента. Для безопасности работы этот провод необходимо заземлять. На одном конце он соединяется с корпусом инструмента, а на другом с помощью

гибкого тросика — со штырьком поляризованной вилки, который при включении в электросеть имеет потенциал земли. При таком грамотном включении отпадает необходимость в дополнительном заземляющем проводе, который соединял бы корпус инструмента непосредственно с землей. Опасность поражения током при этом полностью исключается.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

МАТЕРИАЛЫ[1]

ВЫБОР МАТЕРИАЛА

Выбор материала, предназначенного для изготовления данной детали, — весьма ответственная и сложная задача. В настоящее время имеется широкий ассортимент материалов, которые в равной степени могут быть пригодны для изготовления тех или иных деталей. Правильный выбор материала может быть осуществлен после тщательной оценки всех его свойств и возможностей.

При выборе материала необходимо принимать во внимание назначение детали или узла, условия эксплуатации аппаратуры, а также обрабатываемость и стоимость материала. В зависимости от назначения аппаратуры и конкретных условий ее работы одни показатели могут быть более важными, другие — менее важными. Так, например, в качестве изолятора для конденсатора в высокочастотном контуре нужно брать диэлектрик с малыми потерями, чтобы он не создавал излишних высокочастотных потерь и не снижал добротности контура. Если в распоряжении радиолюбителя имеется несколько диэлектриков с близкими значениями потерь, то необходимо выбрать тот из них, который легче обрабатывается и обладает лучшей влагостойкостью и дешевле.

От выбора типа материала во многом зависит точность изготовления детали. Так, гнутые детали из твердых пружинящих материалов получаются менее точными, так как со временем они распрямляются. При изготовлении таких же деталей из более мягких материалов достигается более высокая точность.

При выборе типа материала немалую роль играют и такие показатели, как вес, долговечность, размеры и др.

МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ

Алюминий — легкий металл серебристо-белого цвета. Его удельный вес 2,65 *г/см*^{3}. Он обладает хорошими электрическими свойствами; удельное сопротивление его 0,0278 *ом·мм*^{2}*/м*. На открытом воздухе алюминий быстро окисляется, покрываясь тонкой окисной пленкой, которая защищает его от дальнейшего разрушения. Это очень ценное качество. Алюминий сравнительно мягок, легко поддается механической обработке, но значительно хуже поддается пайке.

Широкое применение нашли сейчас алюминиевые сплавы АЛ-2, АЛ-4, АЛ-8 и др., которые благодаря хорошим механическим свойствам и малому весу широко используются в качестве конструкционных

для изготовления различных каркасов, установочных и других деталей. Широко известен сплав алюминия с медью, называемый дюралюминием.

При изготовлении радиоаппаратуры применяется листовой алюминий толщиной от 0,5 до 1,5—3,0 *мм*.

Медь — пластичный металл красного цвета с удельным весом 8,93 *г/см*^{3}. Она легко паяется, лудится, сваривается и поддается механической обработке.

Из доступных материалов медь обладает наилучшими электрическими свойствами. Ее удельное сопротивление 0,0175 *ом·мм*^{2}*/м*. Для оценки и сравнения электрических свойств меди удобно привести такие цифры. Если принять электропроводность мягкой меди за 100 относительных единиц, то электропроводность алюминия составит 59, железа— 17, золота — 65, свинца — 7, никеля — 14, цинка — 28 и серебра — 106, т. е. из рассмотренного ряда металлов, применяемого в радиоаппаратуре, медь стоит на втором месте после серебра. Не случайно поэтому все провода, как правило, делаются из меди.

Недостатком меди является ее относительно высокая стоимость. Поэтому применять ее нужно только в особо ответственных местах аппаратуры, где требуются высокие электрические показатели.

Отрезая от листа меди необходимый вам для изготовления детали кусок, нужно соблюдать аккуратность. Предварительно нужно тщательно наметить контур отрезаемого куска. Поскольку медь — материал мягкий, необходимо особо тщательно с ним обращаться. Небольшая неаккуратность приведет к порче ценного материала. Тонкие листы толщиной до 0,8 *мм* можно резать обычными слесарными ручными ножницами. Более толстые листы режут ножовкой или специальными механическими ножницами.

Латунь — сплав меди с цинком. По электрическим свойствам этот сплав хуже, чем алюминий и медь. Удельное сопротивление его равно 0,05 *ом·мм*^{2}*/м*. В относительных единицах электропроводность латуни равна 28,0.

Положительными качествами латуни являются ее ковкость и хорошая механическая обрабатываемость. Она легко поддается пайке, лужению, гальванической обработке. В радиоаппаратуре латунь используется для изготовления и ремонта экранов, контактов, крепежного оборудования и пр. Латунь, так же как и медь и алюминий, выпускается в виде листов, прутков и трубок.

Кроме перечисленных материалов и сплавов, широко применяются также такие металлы, как олово, свинец, серебро и другие, которые используются в основном для приготовления припоев для пайки.

Выше мы упоминали, что медь используется для изготовления проводов. Для этих же целей используются некоторые сплавы, такие, как, например, константан, манганин, нихром и др. Но назначение провода, полученного из этих сплавов, несколько иное. Эти сплавы замечательны тем, что они имеют высокое удельное сопротивление и применяются там, где требуется получить высокое сопротивление. Рассмотрим коротко основные свойства и применения этих сплавов.

Манганин — сплав 86% меди, 12% марганца и 2% никеля. Его удельное сопротивление 0,42 *ом·мм*^{2}*/м*, рабочая температура не выше 100° С. Манганин отличается весьма малым температурным коэффициентом и применяется для изготовления высокоточных резисторов, эталонных шунтов и др.

Нихром — сплав 67,5% никеля, 15% хрома, 16% железа и 1,5% марганца; рабочая температура — до 1 000° С. При прокаливании

нихрома на его поверхности образуется защитная окисная пленка. Нихром применяется для изготовления спиралей нагревателей.

Константан — сплав 60% меди и 40% никеля. Удельное сопротивление его 0,5 *ом·мм²/м*; рабочая температура не выше 500° С. В паре с медью константан развивает термоэлектродвижущую силу порядка 50 *мкв* на 1° С. Он применяется при изготовлении термопар, а также для намотки проволочных резисторов, реостатов и др. Благодаря окисной защитной пленке его можно наматывать виток к витку без применения дополнительной изоляции.

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Выше мы отмечали защитное действие окисных пленок, образующихся на поверхности некоторых металлов и предохраняющих их от дальнейшего разрушения. Кроме таких естественных защитных пленок, в ряде случаев широко применяют специальные искусственные защитные покрытия. Это могут быть покрытия либо в виде металлических тонких пленок, либо в виде диэлектрических защитных слоев. Применение тех или иных покрытий зависит от типа материала и условий его эксплуатации.

Условия эксплуатации радиоаппаратуры принято делить на четыре группы: легкие условия (Л) — деталь эксплуатируется в закрытом отапливаемом помещении (характерно для обычной бытовой аппаратуры стационарного типа: радиоприемников, телевизоров, магнитофонов); средние условия (С) — деталь эксплуатируется на открытом воздухе при незначительном содержании испарений, различных газов (характерно для бытовой радиоаппаратуры переносного типа); жесткие условия (Ж) — аппаратура эксплуатируется в условиях резких колебаний температуры и непосредственного контакта с атмосферными осадками (характерно для аппаратуры специального назначения); морские условия (М) — аппаратура находится в условиях постоянного воздействия морской воды и колебаний окружающей температуры.

В зависимости от условий эксплуатации покрытия могут быть следующих типов: защитные от коррозии, предназначенные для защиты аппаратуры, работающей в любых условиях (Л, С, Ж и М); защитно-декоративные, предназначенные для декоративной отделки поверхности с одновременной защитой ее от коррозии, и специальные — для придания поверхности специальных свойств (повышенной электропроводности, твердости поверхности защищаемого материала и др.).

По виду покрытия могут быть металлическими и неметаллическими, по способу нанесения — гальваническими и химическими. Металлические покрытия — покрытия материала слоем металла, неметаллические — окисная пленка на поверхности металла, лакокрасочные покрытия и др.

Коррозия металлов происходит за счет их химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой. Она ускоряется при воздействии влаги и особенно в местах соединения двух или более разнородных металлов. Это происходит по той причине, что влага с содержащимися в ней газами и солями образует электролит. Разнородные металлы при взаимодействии с электролитом по-разному отдают ему свои электроны, поэтому получается своего рода замкнутый гальванический элемент с преимущественным потоком электронов от металла, который легче отдает свои электроны. По детали текут токи, величина которых зависит от разности электродных потенциалов соединенных металлов.

Ниже мы приводим величины электродных потенциалов некоторых металлов, применяемых в радиотехнике.

Металл	Электродный потенциал, *в*	Металл	Электродный потенциал, *в*
Магний	—1,55	Никель	—0,25
Алюминий	—1,3	Олово	—0,14
Цинк	—0,76	Свинец	—0,13
Хром	—0,56	Медь	+0,34
Железо	—0,44	Серебро	+0,8
Кадмий	—0,4	Золото	+1,5

Металлы с более отрицательными потенциалами ведут себя, как аноды в электролитических ваннах, и разрушаются. Если на поверхность металла нанести покрытие с более отрицательным потенциалом, то при воздействии влаги быстрее будет разрушаться покрытие, а основной металл разрушаться практически не будет. Такое покрытие называется анодным. Оно надежно защищает металл от внешних воздействий и предотвращает коррозию.

Если на поверхность металла нанести покрытие, которое обладает более положительным электродным потенциалом, то такое покрытие сможет защищать поверхность металла только до появления в покрытии трещин и глубоких царапин. Как только появятся трещины, в них начнет проникать влага и основной материал начнет корродировать. Поэтому при подборе материала покрытия, а также при выборе типа припоев необходимо прежде всего поинтересоваться, какова будет разность электродных потенциалов соединяемых в вашем случае металлов. Данные об электродных потенциалах имеются в любом справочнике по радиотехнике или электронике, а также в книгах по металловедению.

Из всех существующих в природе металлов и сплавов можно выделить допустимые и недопустимые гальванические пары. Недопустимыми считаются те, которые при наличии влаги приводят к коррозии.

Ниже мы приводим металлы из тех, которые могут встретиться в практике монтажа радиоаппаратуры, образующие недопустимые пары.

Основной металл	Дополнительный металл (покрытие)
Алюминий и его сплавы	Медь и ее сплавы, золото, серебро, платина, олово, никель, хром
Цинк и его сплавы	Медь, серебро, золото, платина
Сталь, олово, свинец, кадмий	Медь, серебро, золото, платина
Никель, хром	Серебро, золото, платина

При выборе типа покрытия или припоя необходимо учитывать следующие факторы: условия эксплуатации (Л, С, Ж и М); коррозийную устойчивость металла; допустимые и недопустимые гальванические пары; механические, электрические и другие свойства металла покрытия.

Рассмотрим некоторые наиболее часто применяемые типы покрытий и их основные свойства.

Цинкование применяется для защиты от коррозии деталей из черных металлов. Слой цинка представляет собой при этом анодное покрытие. Оцинкованная деталь поддается пайке.

Кадмирование применяется для черных и цветных металлов, особенно при работе в морских условиях. Кадмированная деталь хорошо паяется.

Никелирование — антикоррозийное и декоративное покрытие для меди и ее сплавов. С железом слой никеля образует катодное покрытие и не применяется.

Меднение как самостоятельное покрытие почти не применяется, а используется в качестве подслоя при других покрытиях. Меднение применяется для повышения электропроводносги поверхности детали.

Хромирование используется для защиты от коррозии деталей из стали, меди и никеля. Хромовое покрытие создает нетускнеющую твердую защитную пленку, которая хорошо работает на трение.

Лужение — антикоррозийное покрытие для цветных и отчасти черных металлов. Часто применяется также для улучшения условий пайки.

Серебрение применяется для повышения электропроводности и улучшения условий пайки меди и ее сплавов. Для железа не применяется.

В некоторых случаях применяются покрытия, состоящие из двух или трех различных слоев.

МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Магнитодиэлектрики представляют собой смесь ферромагнитного порошка и диэлектрика, спрессованную при высокой температуре и под высоким давлением. Они используются для изготовления сердечников высокочастотных катушек. К таким материалам относятся магнетит, карбонильное железо.

Ферриты — твердые растворы окислов железа с окислами меди, цинка, никеля и других материалов. Сердечники, изготовленные из ферритов, отличаются еще более высокими показателями, чем сердечники из магнетита и альсифера.

Пермаллой — сплав 78,5% никеля и 21,5% железа. Разновидности пермаллоя могут содержать примеси хрома, молибдена и меди, которые придают сплаву определенные физические свойства. Пермаллой отличается очень высокой магнитной проницаемостью, что, несмотря на его относительно большой вес, позволяет сокращать вес деталей, в которых он применяется.

Пермаллой выпускается в виде листов. Используется он в основном для штамповки листов сердечников высококачественных трансформаторов и дросселей низкой частоты. На высоких частотах пермаллой не применяется, поскольку с повышением частоты магнитные свойства его резко ухудшаются. Ухудшение их наблюдается также при наличии постоянного магнитного поля.

При сборке трансформаторов нельзя допускать сильного стягивания пакета из пермаллоя, так как, во-первых, пермаллой — весьма хрупкий материал и при стягивании трескается, а, во-вторых, при стягивании несколько снижается его магнитная проницаемость.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Кроме металлов и их сплавов, о которых шла речь выше, при конструировании радиоаппаратуры широко используются различные неметаллические материалы как в качестве основных конструкционных,

так и в качестве вспомогательных материалов. Неметаллические материалы по их свойствам можно разделить на несколько условных групп: по агрегатному состоянию (жидкие и твердые), по тепловым свойствам (теплостойкие, морозоустойчивые) и т. д. Кроме того, их можно различать по электроизоляционным свойствам.

Среди твердых диэлектриков большое место занимают пластмассы. Имеется группа так называемых термореактивных пластмасс, получаемых в виде порошков. Детали из них изготавливаются методом прессования в специальных формах при соответствующих температурах и давлениях.

Отдельную группу пластмасс образуют термопластические пластмассы, к которым относятся такие известные пластики, как, например, полиэтилен, полистирол и др. Они обладают повышенной влагостойкостью и хорошими электроизоляционными свойствами на СВЧ.

Полиэтилен обладает повышенной гибкостью; он применяется в качестве изоляционного материала в ВЧ кабелях.

Полистирол представляет собой прозрачную бесцветную пластмассу. Благодаря хорошим электрическим свойствам он используется для изготовления каркасов катушек и других деталей, работающих в поле высокой частоты. Недостатком полистирола является склонность его к образованию поверхностных трещин при резких изменениях окружающей температуры.

Наибольшей теплостойкостью обладает материал политетрафторэтилен, известный более под названием фторопласт-4. Он обладает хорошими диэлектрическими свойствами во всех диапазонах частот вплоть до СВЧ. Детали из фторопласта изготавливаются резанием. Он выпускается в виде прутков и брусков.

Плексиглас (органическое стекло) устойчив к действию воды, бензина, спирта и щелочей. Он хорошо склеивается клеем, содержащим 1% опилок плексигласа, растворенных в смеси 50—60% ацетона и 50—40% этилацетона. Для хорошей склейки склеиваемые поверхности необходимо очистить, подогнать, затем смазать с помощью кисточки клеем и поместить на 4—6 *ч* под пресс при температуре 40—45° С.

Эбонит — твердый материал, получаемый при вулканизации каучука и серы. Под действием солнечных лучей он покрывается пленкой, которая ухудшает его изоляционные свойства. Эбонит применяется в основном для изготовления ручек для инструмента и приборов.

Гетинакс — бумага, пропитанная смолой и спрессованная. Применяется для изготовления панелей и изоляционных приспособлений в низкочастотных цепях радиоаппаратуры.

Текстолит — хлопчатобумажная ткань, пропитанная бакелитовым лаком и спрессованная. Текстолит более прочен, чем гетинакс, но и более дорог, поэтому применяется он гораздо реже.

Фибра — бумага, пропитанная раствором хлористого цинка и спрессованная. Она легко штампуется. Формуется она обычно после размачивания в воде. Фибра широко применяется в практике для изготовления различного рода прокладок и изоляционных втулок в низкочастотных цепях.

Кроме пластмасс и рассмотренных выше материалов, широкое применение в радиоаппаратуре находят изделия из керамики. В соответствии с ГОСТ все керамические материалы независимо от химического состава делятся на семь классов. Керамика I, II и III клас-

сов различается диэлектрической проницаемостью. Применяется она в основном для изготовления керамических конденсаторов. Керамика IV—VII классов применяется для изготовления различных установочных деталей, каркасов, высокочастотных катушек и конденсаторов, изоляторов для герметичной аппаратуры и пр.

При выполнении объемного монтажа радиоаппаратуры, кроме перечисленных выше, применяются различные материалы. К ним можно отнести: изолирующие трубки, которые применяются для изоляции мест спая проводов, а также для заделки концов кабелей и голых проводов; различного рода изоляционные ленты для изоляции мест соединения проводов и обмотки монтажных и кабельных жгутов; хлопчатобумажные, шелковые и капроновые нитки для заделки волокнистой изоляции проводов; различные клеи, лаки, компаунды и др. Все эти материалы относятся к вспомогательным. Рассмотрим коротко некоторые из них.

Изоляционные трубки выпускаются следующих трех типов: линоксиновые (изготавливаются в виде сплетенного хлопчатобумажного или шелкового чулка, пропитанного влагостойким лаком; пробивное напряжение таких трубок составляет 3—4 *кв*); полихлорвиниловые (изготавливаются из эластичной пластмассы — хлорвинила; пробивное напряжение их составляет 8 *кв*; недостатком таких трубок является то, что при воздействии температуры, например при пайке расположенных вблизи них радиодеталей, они оплавляются) и стеклолакочулок (плетеный чулок из стекловолокна, пропитанный лаком; высокая теплостойкость стекловолокна и применяемого в данном случае пропиточного лака позволяет применять такие трубки в условиях повышенных температур; пробивное напряжение их составляет 5 и более киловольт).

Изоляционные ленты и пленки. К их числу относятся различного рода хлопчатобумажные, киперные, полихлорвиниловые ленты, полихлорвиниловые клейкие ленты, стеклолента клейкая, фторопластовые ленты и пленки и другие обмоточные изоляционные материалы. Часто в качестве обмоточных изоляционных лент используются льняные, хлопчатобумажные, миткалевые, киперные и другие ленты. Для улучшения изоляционных свойств их иногда пропитывают влагостойкими лаками. Пропитанные лаком ткани (лакоткани) способны выдерживать напряжение до 5—7 *кв*.

Широкое распространение в качестве изоляционного материала находит пропитанная лаком бумага. Промышленностью выпускается несколько типов такой бумаги. Применяется она в основном в качестве прокладочного материала между слоями обмоток трансформаторов, а также между обкладками бумажных конденсаторов. В зависимости от толщины (от 7 до 22 *мкм*) пробивное напряжение прокладочной бумаги может составлять от 270 до 460 *в*.

Широкое применение при изготовлении радиодеталей, а также при их монтаже находят различные л а к и, к л е и и к о м п а у н д ы. Применяющиеся в радиотехнике лаки, клеи и другие покрытия и пропиточные материалы обладают высокими электроизоляционными свойствами, они сравнительно быстро сохнут, образуя прочную и эластичную пленку. По характеру применения они разделяются на пропиточные, покровные и клеящие. Служат они для снижения гигроскопичности волокнистой изоляции проводов, повышения механической прочности изоляции, а также для склейки отдельных кусков изоляционных материалов и различных деталей. Рассмотрим некоторые наиболее широко применяемые лаки и клеи.

Шеллачный лак представляет собой раствор шеллачной смолы в спирте. Он обладает хорошими изоляционными свойствами, хорошо сохнет на воздухе (продолжительность сушки 1,5—2 *ч*). Шеллачный лак применяется для пропитки и склеивания обмоток и каркасов высокочастотных катушек и монтажных жгутов. Слабый раствор шеллака в спирте, известный под названием политуры, используется в качестве полировочного средства при окончательной отделке деревянных установочных ящиков для радиоаппаратуры.

Бакелитовый лак представляет собой раствор бакелитовой смолы в спирте. Он обладает высокими электроизоляционными свойствами, и применяется для пропитки обмоток трансформаторов питания дросселей, катушек индуктивности, а также монтажных жгутов, обмотанных тканевой лентой. Кроме того, он широко применяется как клеящее средство для склеивания гетинакса, текстолита, пластмасс, картона и дерева в любых сочетаниях. Благодаря этому он широко применяется в радиолюбительской практике.

К недостаткам бакелитового лака следует отнести относительно плохую его влагостойкость и то, что процесс сушки должен производиться в специальных условиях (при температуре 110—150° С и давлении 3—5 $кГ/см^2$ в течение 5—6 *ч*), что не всегда удобно на практике.

Полистирольный лак состоит из полистирольной смолы и четыреххлористого углерода. Он обладает высокими электрическими свойствами и применяется в практике радиомонтажа в качестве покрывного и пропиточного материала.

Клей БФ выпускается нескольких типов и применяется для склеивания самых различных материалов. При производстве и монтаже радиоаппаратуры применяются клеи этой серии БФ-2 и БФ-4, которые позволяют производить склеивание любых металлических и неметаллических материалов в любых сочетаниях. Эти клеи устойчивы к действию масел, бензина, керосина и влаги. Склеивание производится при температуре 60—120° С при давлении 5—10 $кГ/см^2$. Клеи БФ-3 и БФ-5 применяются для склеивания стеклянных деталей. Склеивание этими клеями производится при температуре 100—130° С и давлении 0,5—1,5 $кГ/см^2$.

Клей БФ-6 применяется для склейки резиновых и тканевых материалов. При монтаже радиоаппаратуры он используется для проклейки обмоток жгутов и ниточных бандажей на проводах с волокнистой изоляцией.

Акриловый клей представляет собой раствор 2—3 весовых частей стружки органического стекла в 98—97 весовых частях дихлорэтана. Он применяется для склеивания органического стекла. Склеивание производится на воздухе под давлением 2,5—3 $кГ/см^2$. Этот клей удобен тем, что он стоек к действию влаги, кислот и морской воды.

Клей 88 представляет собой раствор резиновой смеси и специальной смолы в смеси этилацетата и бензина. Обладая высокой клеящей способностью, этот клей используется для приклейки изолирующих прокладок из тканей, резины, пластмасс к металлу. Приклеивание производится в несколько этапов. Вначале склеиваемые поверхности смазываются тонким слоем клея и просушиваются над пламенем горелки. Затем вновь смазываются склеиваемые поверхности, плотно соединяются и выдерживаются под давлением порядка 6 $кГ/см^2$ при температуре около 150° С в течение нескольких часов. Этот клей наряду с клеями серии БФ, нашел широкое применение в практике изготовления и монтажа радиоаппаратуры.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ШАССИ И МОНТАЖНЫЕ ДОСКИ

Сложное радиотехническое устройство состоит, как правило, из большого числа разнообразных деталей. Это резисторы, катушки индуктивности, конденсаторы, электронные лампы, полупроводниковые приборы, высокочастотный трансформатор и трансформатор питания и др. По своим размерам, весу и форме, не говоря уже об их назначении, детали сильно отличаются друг от друга. Тем не менее соединенные определенным образом в единую логическую цепь, построение которой определяется принципиальной и монтажной схемами данного прибора, эти детали сообща служат одной цели.

Существуют определенные законы размещения деталей при монтаже. Независимо от назначения данной схемы детали необходимо размещать по возможности более компактно, так чтобы соединительные провода между деталями были как можно короче. В то же время монтаж не должен быть настолько тесным, чтобы затруднялся доступ к отдельным деталям и возникали вредные взаимодействия между отдельными участками схемы, приводящие к нарушению нормальной работы всего устройства в целом.

Все детали, входящие в данную схему, монтируются на одной основе, которая предохраняет их от рассыпания и нарушения электрической связи между ними. В первых радиоустройствах, которые изготавливались в 20-х годах, в качестве такой основы использовались деревянные панели. Детали к ним крепились с помощью болтов. Теперь в качестве крепежной основы используют металлические шасси, но для радиолюбителей можно рекомендовать и деревянные панели и монтажные доски, на которых удобно собирать временные монтажи для отработки тех или иных участков и узлов схемы. Об этом будет сказано еще несколько слов ниже.

РАЗМЕРЫ ШАССИ

Шасси делается обычно из листового металла, который сгибается в виде коробки (рис. 4-1). Весьма важно правильно выбрать размеры шасси для задуманного вами радиоустройства. Если шасси взять слишком большим, то блок получится слишком громоздким и неудобным в эксплуатации. Кроме того, из-за большой длины монтажных проводов могут возникнуть различные вредные эффекты в работе аппаратуры. Если же шасси выбрано меньше оптимальных размеров, то детали получаются налепленными друг на друга. Разобраться в таком монтаже бывает чрезвычайно трудно. Поэтому, прежде чем производить монтаж деталей, необходимо хорошо разместить шасси, прикинуть несколько вариантов расположения деталей, выбрать наиболее приемлемый вариант и лишь после этого начать резать, сверлить и пробивать шасси. Конечно, вначале обязательно придется испортить одно-два шасси. Зато потом, когда вы приобретете опыт самостоятельной работы, у вас начнут получаться малые по размеру, но просторные для деталей красивые шасси и панели.

Толщину материала шасси выбирают, исходя из размеров и веса деталей. Выбирая размеры шасси, вы уже должны точно знать, как у вас будут расположены все детали. Если вы строите конструкцию, описанную в радиолюбительском журнале, то там вы найдете какие-

либо сведения и относительно формы шасси и его размеров. Чаще всего это бывает рисунок или фотоснимок шасси. Поэтому вам придется мобилизовать свою фантазию и составить свой план монтажа. Необходимо максимально использовать внутренний объем шасси. Это позволит сократить площадь шасси, что придаст ему более компактный вид.

В качестве исходного материала для шасси чаще всего используют сталь или алюминий. Сталь намного тяжелее алюминия, но зато она более прочна. Алюминий применяется в большинстве случаев, несмотря на то, что он обходится дороже стали.

Имеющиеся в продаже готовые шасси чаще всего предназначены для определенного устройства. Поэтому такое шасси соответствующим образом оформлено — окрашено, имеются обозначения около отверстий, предназначенных под ламповые панели различных типов и другие детали. Красят обычно только алюминиевые шасси, стальные выпускаются в оцинкованном виде. Иногда алюминиевые шасси поступают в виде полуфабрикатов в неокрашенном виде.

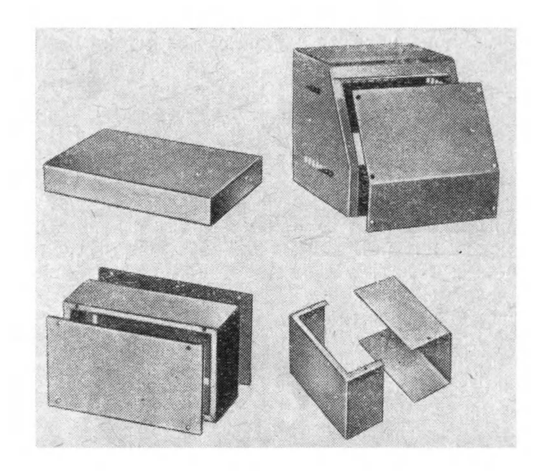


Рис. 4-1. Различные типы металлических шасси.

Общепринято покрывать алюминиевые шасси лаком типа «мороз» черного или серого цвета. В некоторых специальных случаях шасси кадмируют или хромируют.

Для некоторых радиотехнических устройств более удобно крепить детали прямо на ящике или кожухе, не применяя для этой цели шасси. Иногда под или над основным шасси устанавливается дополнительно металлическая подставка типа маленького шасси, на которой монтируются отдельные узлы схемы. Такие подставки называются вспомогательными шасси или субшасси.

Типичным примером субшасси может служить блок переключения телевизионных каналов. Он строится на отдельном небольшом металлическом шасси, которое крепится с помощью кронштейна к основному шасси.

РАЗМЕТКА ШАССИ

После выбора шасси или панели необходимо произвести их разметку, т. е. определить точки, в которых будут сверлиться отверстия под детали. Но прежде чем начать сверлить отверстия, вам понадобится схема или план размещения деталей. В противном случае у вас может получиться вместо монтажного шасси дырявое решето. Иногда, когда вы, скажем, работаете по описанию, данному в журнале, составлять самостоятельно план вам не понадобится. Но настоящему радиолюбителю-конструктору приятно самому делать все от начала до конца, включая и планировку, и полное изготовление шасси.

При составлении плана разметки шасси необходимо учитывать как радиотехническую целесообразность расположения деталей, так и эстетические соображения (равномерное использование полезной площади, веса и др.). Какой из этих двух самостоятельных факторов является основным в данном конкретном случае, зависит от типа и назначения аппарата. В гл. 5 будут специально обсуждаться эти вопросы. Сейчас же допустим, что вы грамотно выбрали размещение деталей на шасси и произвели его разметку.

Бо́льшая часть деталей, как правило, размещается сверху шасси, некоторые размещаются сбоку, а остальные — под шасси и на передней панели. Такие детали, как трансформаторы различного назначения, катушки фильтров и контурные катушки, индикаторные приборы, электронные лампы, крепятся в специально прорезаемых в шасси отверстиях. Остальные, меньшие по размерам детали, крепятся путем пайки друг к другу. Но даже для крепления таких небольших деталей требуются зажимы, лепестки и прочие крепежные приспособления.

Если вы заранее не имеете готовой монтажной схемы, рекомендуем вам пользоваться одним из двух методов нахождения оптимального варианта размещения.

В первом случае нужно сделать макеты (бумажные вырезки по контуру) для всех деталей и разложить их на вычерченном на бумаге чертеже шасси (вид сверху). Желательно, чтобы макеты и чертеж шасси были выполнены в масштабе 1 : 1. Это дает лучшее представление о том, как будет выглядеть ваш блок после настоящего монтажа.

Во втором случае нужно достать все детали, которые вы собираетесь смонтировать на шасси, затем разложить их на настоящем шасси (рис. 4-2) или его чертеже. И в первом, и во втором случаях для выбора оптимального варианта размещения деталей вам придется подвига́ть их по шасси. Преимущество такого метода состоит в том, что не нужно специально изготавливать макеты деталей.

При размещении деталей необходимо учитывать возможность хорошего доступа к ним в процессе эксплуатации, отсутствие критической близости между ними, при которой возможно самовозбуждение, и пр. Нельзя допускать, чтобы отдельные крупные детали закрывали более мелкие. Так, катушки фильтров, расположенные на нижней части шасси, могут полностью закрыть некоторые ламповые панели и затруднить монтаж их и доступ к различным клеммам ламповых панелей при проверке режима работы ламп. Крупногабаритные детали, такие, как электролитические конденсаторы, индикаторные приборы и др., должны размещаться с учетом их размеров и размеров шасси. Детали с переменными размерами необходимо размещать с учетом их максимальных размеров, с тем чтобы обеспечить нормальную работу их. К таким деталям относятся прежде всего настроечные конденсаторы переменной

емкости. У них ротор перемещается относительно неподвижного статора и при неправильном размещении может задевать другие расположенные поблизости радиодетали.

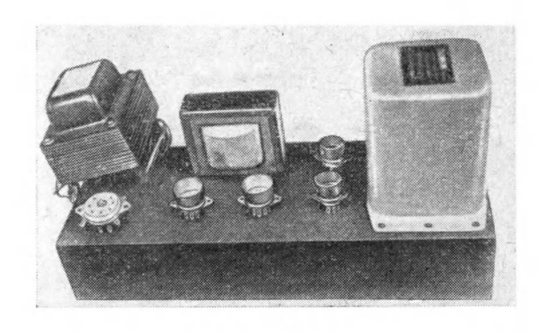


Рис. 4-2. Один из методов нахождения оптимального варианта размещения деталей сверху шасси.

Пример хорошей компоновки деталей на шасси приведен на рис. 4-3.

Существует несколько способов разметки шасси. Рассмотрим некоторые из них, наиболее часто применяемые на практике. Первый способ заключается в том, что на шасси накладывают лист бумаги и места, где должны быть установлены детали, размечают на ней карандашом. Для крепления бумаги к шасси можно использовать изоляционную ленту. Сверление отверстий в размеченных местах производят прямо по бумаге. После сверления бумага может быть снята.

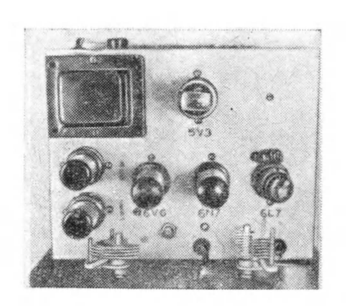


Рис. 4-3. Правильная компоновка деталей на шасси (вид сверху). Конденсаторы переменной емкости устанавливаются с таким расчетом, чтобы обеспечить свободный ход роторов.

Обычно шасси продаются в бумажной обертке, которая плотно прилегает к металлу. В этом случае специально покрывать шасси бумагой не нужно.

Иногда для крепления бумаги к шасси ее предварительно промазывают клеем. Но этот способ хуже, чем с изоляционной лентой, поскольку потом трудно счищать клей с поверхности шасси и отдирать приклеившиеся куски бумаги.

Другой метод разметки заключается в том, что шасси не покрывают полностью бумагой, а накладывают лишь узкие полоски в местах, где предполагается сверлить отверстия. На этих полосках и производят разметку (рис. 4-4).

Существует еще один метод разметки шасси, который используется в основном в промышленных мастерских. Поверхность шасси покрывают краской синего цвета, затем с помощью специальной чертилки

проводят необходимые линии. Синий цвет обеспечивает хорошую видимость прочерченных белых линий. Недостаток такого метода заключается в том, что хотя краска легко смывается спиртом или другим растворителем, на поверхности шасси остаются риски, проведенные чертилкой.

После того как вы приобретете опыт конструирования радиоаппаратуры, вам не потребуется составлять подробные планы размещения деталей. Но до тех пор вам придется испортить не одно шасси, и поэтому составлять планы разметки шасси обязательно.

Но вот, наконец, план разметки шасси составлен и вам нужно приступить к накерниванию и сверлению отверстий. При выполнении этих операций советуем вам также придерживаться определенной системы.

Удобно каждый размер отверстия обозначить кодом; тогда при сверлении и пробивании шасси вы вначале сможете произвести накернивание отверстий определенного размера, а затем просверлить все эти отверстия. Так, если, например, обозначение «А» соответствует отверстиям диаметром 6 *мм*, то вначале нужно накернить и просверлить только отверстия с этим обозначением. После того как вы закончите сверление отверстий «А», переходите к накерниванию и сверлению отверстий «Б» и т. д., пока не будет готово целиком все шасси.

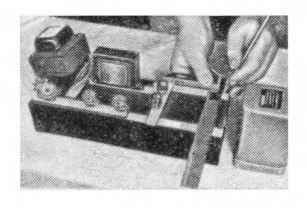


Рис. 4-4. Разметка шасси с помощью полосок бумаги.

Если для разметки шасси вы приготовили чертеж с нанесенным на него планом отверстий, то обязательно изготовьте копию этого чертежа, так как при разметке шасси первый чертеж может порваться и вам придется начинать все сначала.

Все отверстия можно разделить на следующие три типа: малые круглые отверстия (максимальный диаметр их 10—12 *мм*), которые обычно сверлятся; большие круглые или квадратные отверстия, которые обычно пробиваются (штампы винтового типа годны в случае, когда размеры не более 70 *мм* для круглых отверстий и 30 *мм* для квадратных); неправильной формы отверстия или отверстия с неравными сторонами (на практике встречаются редко); делаются они следующим образом: вдоль намеченной образующей просверливают ряд примыкающих друг к другу отверстий, затем перемычки между этими отверстиями прорубают с помощью зубила и острые края полученного отверстия обрабатывают напильником.

СВЕРЛЕНИЕ ШАССИ

Бóльшую часть слесарных работ с шасси составляет операция сверления. Поэтому перед работой нужно соответственно подготовиться и подготовить необходимый инструмент. Поскольку в большинстве случаев работать приходится с алюминиевыми шасси, достаточно бывает и просто ручной дрели. Но, учитывая то, что в обычном шасси может быть до 100 и более отверстий различных формы и диаметра, рекомендуем для большей эффективности все-таки пользоваться электродрелью.

Перед сверлением, как уже упоминалось, необходимо кернером наметить все центры отверстий. Если накернивания не производить,

то отверстия получатся смещенными относительно намеченных мест, так как сверло при вращении имеет свойство скользить по гладкой металлической поверхности.

Не надо сразу браться за молоток и кернер и начинать уродовать шасси. Необходимо помнить, что шасси делается из сравнительно тонкого материала, а если это алюминий, то оно еще и достаточно мягкое. Если не соблюдать осторожности, то при ударе молотком по кернеру шасси сильно изгибается и перекашивается. После такой «работы» шасси можно выбросить, так как выправить его очень трудно. Чтобы не получалось такого плачевного результата, необходимо, перед тем как начинать накернивание, подложить под шасси один или несколько

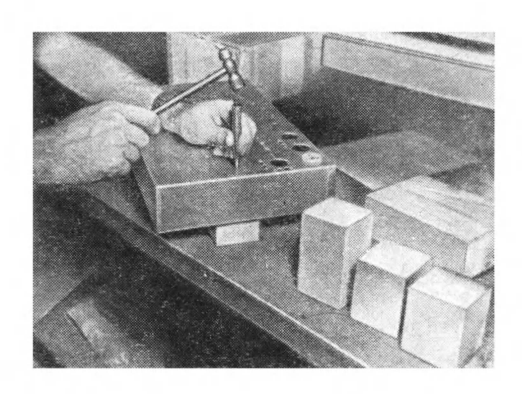


Рис. 4-5. Применение деревянных брусков при накернивании шасси.

деревянных брусков (рис. 4-5). А чтобы не испытывать затруднений при разметке шасси любых размеров, советуем вам запастись набором разнообразных деревянных брусков, которые подходили бы к любому шасси.

Даже с применением брусков необходимо накернивание производить осторожно, легким постукиванием молотком. Лучше будет, если у вас получится несколько меньшее углубление, чем если вы перестараетесь и испортите шасси, сведя к нулю всю вашу предыдущую работу.

Иногда углубления для сверла делают обычным шилом. Этот метод может быть применим, очевидно, лишь для алюминиевых шасси, поскольку на твердой стальной поверхности сделать шилом наколы не удается.

Деревянные бруски, которые вы использовали при накернивании, могут быть использованы и при сверлении. Это необходимо для того, чтобы предостеречь шасси от прогибов в местах сверления. Особенно важны такие деревянные бруски, подложенные снизу шасси, когда сверление производится большой тяжелой дрелью. Они предохраняют не только от прогибания шасси, но и от проскакивания сверла внутрь шасси, когда отверстие будет просверлено. Если не пользоваться деревянными брусками, то сверло, пройдя сквозь лист металла, может проскочить внутрь и, ударившись о стол, согнуться или даже сломаться.

Даже в тех случаях, когда требуется просверлить отверстие большого диаметра, сверление рекомендуем всегда начинать сверлом малого диаметра. Делается это по той причине, что маленькое сверло надежнее фиксируется небольшим углублением в шасси, которое сделано с помощью кернера. При этом не обязательно просверливать сверлом малого диаметра отверстия насквозь. Достаточно лишь сделать несколько оборотов дрели. После такой предварительной операции можно уверенно производить сверление отверстия сверлом требуемого диаметра. При соблюдении такой последовательности работа идет легче и быстрее.

Главное — соблюдать аккуратность как при разметке отверстий, так и при их сверлении. Когда начинаете сверление, не очень нажимайте на дрель и смотрите, чтобы сверло не выходило из метки, оставленной кернером. Если сверло случайно соскользнет, необходимо начать сверление снова, установив прежде сверло в накерненную метку.

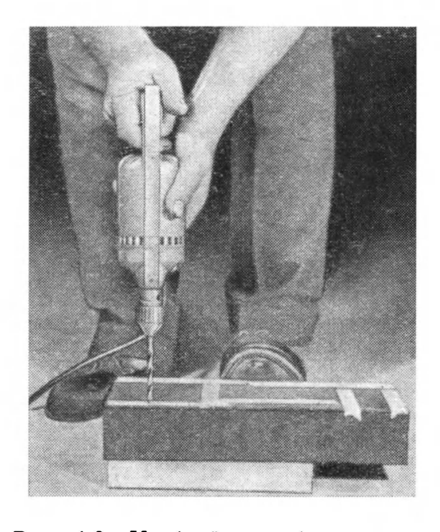


Рис. 4-6. Удобный способ сверления шасси электродрелью.

Дрель всегда должна находиться под прямым углом к поверхности шасси. Если ее наклонить, то сверло легче может соскользнуть и погнуться или даже поломаться, так как сила приложена в этом случае не по оси сверла, а под углом к нему.

Хороший способ сверления показан на рис. 4-6. В этом случае шасси просто кладется на пол, прижимается одной ногой и сверлится. Перед этим, конечно, необходимо подложить под шасси деревянные бруски, чтобы не попортить пол и сверло. Если шасси мало по размерам, то лучше зажать его в тисках, как показано на рис. 4-7.

Конечно, не всегда, когда шасси велико, удобно для сверления класть его на пол. Например, в тех случаях, когда в шасси готового радиоустройства необходимо просверлить отверстие для установки дополнительного потенциометра или другой какой-либо детали, удобнее будет положить шасси на стол или верстак и, придерживая его одной рукой, другой сверлить отверстие (рис. 4-8). Зажимать большое шасси каким-либо приспособлением не обязательно, так как его можно легко удержать одной рукой.

Если вы собираетесь сверлить листовой металл, то желательно лист зажимать в тисках, особенно если сверление будет производиться мощной дрелью. Сверление незакрепленного листа опасно, так как сверло может застрять в листе; при этом лист начнет вращаться с большой скоростью и может причинить травму. Сверление закрепленного листа гарантирует вас от такой опасности. Особенно опасно работать с незакрепленными деталями малых размеров. Их гораздо труднее

удержать рукой. У больших деталей получается большой рычаг и они легче удерживаются даже при сверлении больших отверстий.

Для сверления небольших листов или шасси можно их предварительно зажимать между двумя кусками дерева. Затем бруски или фанерные планки, которые обжимают с двух сторон деталь, связывают или скрепляют с помощью струбцин. Рычаг получается большим, и можно после этого сверлить деталь, удерживая ее рукой.

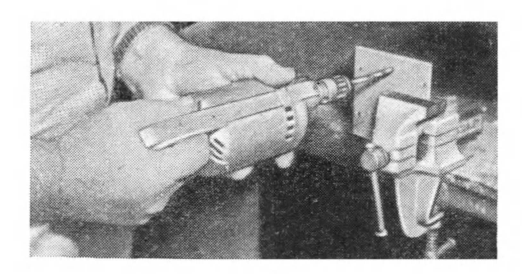


Рис. 4-7. Сверление детали небольших размеров, зажатой в тиски.

Обычно вокруг отверстий большого диаметра на шасси необходимо бывает сверлить несколько отверстий малого диаметра, которые служат для крепления детали, вставляемой в большое отверстие. Так, например, в случае крепления ламповой панели вначале пробивают отверстие, являющееся гнездом ламповой панели, а затем в это гнездо вставляют панель и по месту просверливают сквозь отверстия в ушках панели отверстия под крепежные болты в шасси.

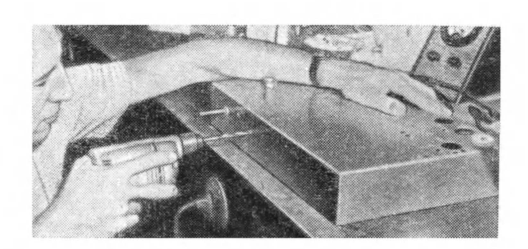


Рис. 4-8. Другой способ сверления шасси электродрелью.

Если крепежные отверстия какой-либо детали очень близко примыкают к отверстию, в которое вставляется сама деталь, то сверлить их будет неудобно, так как сверло все время будет соскальзывать в большое отверстие. В таких случаях советуем вначале просверлить отверстия под крепежные болты, а затем уже сверлить основное отверстие. При этом необходимо соблюдать особую аккуратность в соблюдении разметки, так как небольшое отклонение приведет к тому, что деталь не установится в гнездо и шасси будет испорчено.

УДАЛЕНИЕ ЗАУСЕНИЦ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЯ

При сверлении листового металла почти всегда получаются заусеницы. Они образуются вокруг отверстия с внутренней и наружной сторон. Чем меньше и острее сверло, тем меньшими получаются заусеницы при сверлении. Но на практике невозможно всегда иметь острое сверло, поскольку в процессе работы оно постепенно затупляется. Таким образом, заусеницы всегда будут появляться и необходимо будет каким-то образом их удалять.

Практически используются следующие способы удаления заусениц. Первый способ заключается в том, что после того как вы просверлили отверстие требуемого диаметра, нужно взять сверло несколько большего диаметра и, вращая его вручную с помощью ручной дрели, счистить заусеницы с краев отверстия снаружи и изнутри. Безусловно, этот метод годится только для отверстий сравнительно небольших диаметров, так как для очень широких отверстий просто не удастся найти сверла подходящих размеров, которым можно было бы удалить образовавшиеся заусеницы.

Второй способ отличается от первого тем, что вместо сверла используется зенкер подходящего диаметра. Третий способ удаления заусениц заключается в том, что для этой цели используются резец, зубило или обычный монтажный нож. Конечно, таким способом можно срезать заусеницы легко только в том случае, когда металл мягкий (например, алюминий).

СВЕРЛЕНИЕ И ПОДГОНКА ПАНЕЛЕЙ

Операция сверления панели очень напоминает по своей последовательности сверление шасси. Поскольку панель плоская, очевидно, сверлить ее легче. Но зато возникают дополнительные трудности при подгонке ее, когда она предназначается для установки на шасси в качестве передней панели. Небольшой перекос или отверстие, просверленное в неположенном месте, может испортить внешний вид блока. Причем эти ошибки более заметны и их труднее исправить, чем на шасси, которое в окончательно собранном виде скрыто от глаз.

Применяются стальные, пластмассовые и другие панели. В различных случаях применяются панели разной толщины. Так, для тяжелых блоков, которые обычно устанавливаются на стандартные рамы шириной 50 *см* или в шкаф, используются алюминиевые панели толщиной до 6 *мм*. Для небольших блоков используются панели толщиной 2—3 *мм*. Большинство панелей окрашивается либо с одной, либо с обеих сторон в один или разные цвета.

На панели крепятся различного рода индикаторные устройства, переключатели, регуляторы и пр. Устанавливаются они в гнездах, которые специально просверливаются в панели. Крепление производится с помощью болтов и гаек, которые прикрепляются к фланцам перечисленных приборов и устройств.

Обычно панель, прикрепленная к шасси, удерживает на себе вес шасси и деталей, размещенных на нем. Но иногда жесткости панели бывает недостаточно. В таких случаях панель усиливается специальными боковыми стенками или подкосами.

Панель должна быть точно подогнана к шасси, поэтому разметка и сверление отверстий для крепления панели к шасси должны произ-

водиться весьма аккуратно и точно. Если сверлить крепежные отверстия отдельно вначале для панели, а затем для шасси, то в результате может получиться, что не все из них совпадут при совмещении панели с передней стенкой шасси. Поэтому рекомендуется сверлить эти отверстия, предварительно совместив панель с шасси и подогнав аккуратно их края.

Планируя переднюю панель, вам необходимо решить, где и как разместить детали на ней. При этом нужно учитывать взаимное расположение деталей на принципиальной схеме, а также внешний вид панели после выполнения того или иного варианта размещения. Например, тумблер включения какого-либо стрелочного прибора целесообразно установить рядом с этим прибором или под ним, но не в противоположном углу панели. Стрелочные приборы и другие индикаторы удобнее располагать сверху панели, а переключатели и различного рода регуляторы к ним — снизу, а не наоборот.

После того как произведен выбор варианта размещения деталей на передней панели, производят ее разметку. Затем в местах расположения основных отверстий сверлят отверстия диаметром 2—3 *мм*, а по краям панели — отверстия такого же диаметра под временные крепежные болты. После этого панель подгоняют к шасси и соединяют с ним с помощью струбцин. Необходимо убедиться, что шасси подогнано без перекосов и края панели, выходящие за пределы шасси, равны между собой. После такой подгонки сквозь малые отверстия, просверленные по краям панели, сверлят отверстия в передней стенке шасси.

Если у вас не имеется крепежных струбцин, то после симметрирования панели относительно шасси необходимо аккуратно, не меняя положения панели относительно шасси, сквозь предварительно просверленные отверстия в панели карандашом сделать отметки на шасси. После этого убрать панель, накернить в отмеченных точках небольшие углубления и просверлить в соответствии с рекомендациями, приведенными выше, временные отверстия под крепежные болты. Затем необходимо вновь соединить панель и шасси, скрепив их временными винтами, установленными в только что просверленные отверстия.

Еще раз проверьте относительное расположение шасси и панели и в случае необходимости подправьте их, рассверлив пошире отверстия под временные винты. Убедившись в правильности подгонки, окончательно стягивайте панель с шасси и произведите разметку и сверление отверстий под крепежные винты или заклепки. Сверление панели и шасси нужно производить одновременно. Просверлив несколько отверстий и установив в них крепежные винты, вы можете вынуть временные крепежные винты, установленные вначале, и просверлить на их месте отверстия под настоящие крепежные винты. Обычно в качестве крепежных используются винты диаметром 4—6 *мм*.

Готовой панель считается тогда, когда на ней имеются все необходимые для установки деталей и крепежных винтов отверстия. Недостающие отверстия для крепления стрелочных приборов могут быть просверлены в конце, после установки панели на шасси. Тогда прибор устанавливается в свое гнездо и по месту производится сверление отверстий через отверстия во фланце прибора. Особую аккуратность необходимо соблюдать при разметке и установке на панели переменных конденсаторов.

ПРОРЕЗАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Большой процент отверстий на шасси и панелях составляют отверстия среднего диаметра под ламповые панели, электролитические конденсаторы и другие детали, имеющие стандартные размеры. Под эти размеры в настоящее время изготавливаются специальные наборы штампов. Штамп для пробивания отверстий под ламповые панели (рис. 2-6) состоит из двух частей — пуансона и матрицы. Через обе эти детали по центру проходит стягивающий болт.

Пуансон размещается с одной стороны шасси, а матрица — с другой (рис. 4-9). Болт, свободно проходящий через матрицу и отверстие в шасси, ввинчивается в пуансон до тех пор, пока пуансон не соприкоснется с материалом шасси. При дальнейшем навинчивании пуансона он своей острой кромкой прорезает материал шасси. Когда пуансон соприкасается с матрицей, операция закончена. Вырезанный кружок металла останется в пространстве между пуансоном и матрицей, а на его месте на шасси образуется аккуратное круглое отверстие без зазубрин и заусениц. После этого штамп разбирается и начинается та же операция в другом месте шасси, где требуется просверлить отверстие того же диаметра.

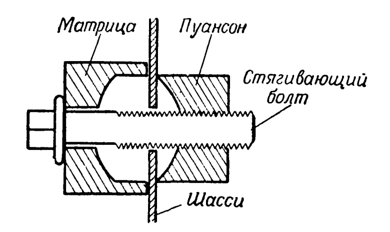


Рис. 4-9. Разрез винтового штампа для прорезания круглых отверстий.

В гл. 2 мы приводили перечень обычно применяемых размеров штампов, пригодных для прорезания стандартных отверстий в шасси и панелях. Направляющие винты, применяемые в таких штампах, обычно бывают диаметром 6, 8 и 16 *мм*.

После разметки шасси обычно вначале сверлят отверстия под направляющие винты штампов. Если, к примеру, вам нужно пробить в шасси отверстие диаметром 25 *мм*, то вначале сверлите отверстие диаметром 8 *мм* под направляющий винт в центре будущего отверстия. Если нужно отверстие диаметром 50 *мм*, то сверлите отверстие под направляющий винт диаметром 16 *мм*. Однако просверлить отверстие диаметром 16 *мм* с помощью ручной или даже электрической дрели не так просто. Поэтому советуем вначале сверлить отверстие диаметром 8 *мм*, затем на этом месте малым штампом прорезать отверстие диаметром 16 *мм* и только потом уже, используя это последнее отверстие под направляющий винт, прорезать отверстие требуемого диаметра 50 *мм* с помощью большого штампа.

При прорезании отверстий малым штампом для вращения пуансона достаточно использовать обычный гаечный ключ (рис. 4-10). Однако при работе с большим штампом требуется очень большое усилие, чтобы повернуть направляющий винт обычным гаечным ключом. Для обеспечения работы советуем зажать головку направляющего винта в тисках и вращать все шасси. При вращении шасси потребуется гораздо меньшее усилие, чем при работе ключом.

Для установки трансформаторов, высокочастотных контуров, специального вида ламповых панелей, дросселей и др. используют квадратные, прямоугольные, фигурные и другие отверстия. Квадратные и прямоугольные отверстия прорезают специальными квадратными штампами.

Большие прямоугольные отверстия пробивают такими штампами в несколько этапов. Вначале пробивают одно прямоугольное отверстие малых размеров, затем рядом пробивают другое, так чтобы образующая его была продолжением образующей предыдущего отверстия, и т. д. Таким образом, в результате получается прямоугольное отверстие требуемых размеров. При этом только нужно соблюдать одно правило: вначале просверливать отверстия под направляющий винт, а затем начинать прорезание малых прямоугольных отверстий. Если заранее не просверлить направляющих отверстий, то после пробивания двух-трех прямоугольных отверстий шасси в этом месте ослабевает и сверлить отверстия под направляющие винты будет гораздо труднее, чем если это сделать заранее.

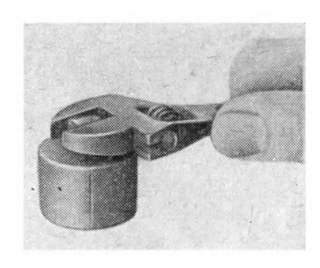


Рис. 4-10. Один из способов работы со штампом винтового типа.

Как уже упоминалось в гл. 2, для пробивания отверстий в шасси применяются также штампы ударного типа (рис. 4-11, *а*). В этом случае в шасси просверливают отверстие под направляющий стержень, затем стержень вставляют в это отверстие так, чтобы матрица была снизу шасси, а пуансон надевается на стержень с другой стороны. Пуансон имеет вид конуса, сужающегося кверху. При ударе молотком сверху по пуансону шасси пробивается. Этот метод прорезания отверстий более производителен. Но, несмотря на его преимущества, его не всегда можно использовать, так как иногда приходится прорезать отверстие в готовом шасси, на котором уже произведен монтаж всех основных деталей, и при ударе возможны сотрясения, что нежелательно. Ударные штампы, так же как и штампы винтового типа, обычно изготавливаются в виде набора из нескольких деталей (рис. 4-11, *б*), что позволяет заменой некоторых из них осуществлять прорезание отверстий различных диаметров.

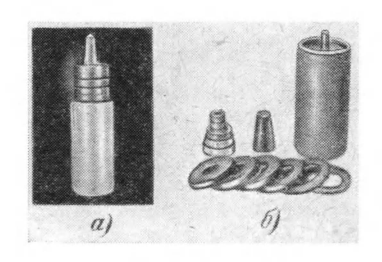


Рис. 4-11. Штамп ударного типа.

Кроме описанных выше штампов, для прорезания круглых отверстий часто используются круговые резцы (см. рис. 2-7, *а*). Центральный стержень кругового резца вставляется в патрон электродрели или сверлильного станка. На другом конце стержня имеется сверло, которое служит для фиксации резца. Для этого оно вставляется в отверстие, прорезанное в центре предполагаемого большого отверстия.

Горизонтальное плечо, на конце которого прикрепляется режущий инструмент, может регулироваться по длине, что позволяет получать отверстия различных диаметров.

При работе с круговыми резцами нужно соблюдать особую осторожность, так как неосторожное применение их может повлечь за собой серьезную травму.

Еще одним инструментом, который может быть использован для прорезания отверстий больших размеров, являются круговые пилы

(см. рис. 2-7, *б*). Эти пилы годятся для прорезания отверстий диаметром от 15 до 100 *мм*; их, так же как и круговые резаки, используют с электродрелями и сверлильными установками и станками.

В некоторых случаях, когда требуется прорезать отверстие с непараллельными краями или неодинаковыми по размеру сторонами, или вообще когда отверстия имеют неправильную форму, рассмотренные выше приспособления непригодны или пригодны лишь частично. В этих случаях самым надежным способом является старый способ, который раньше использовался для прорезания любых отверстий. Этот способ прорезания отверстий заключается в следующем. После разметки отверстия вдоль его периметра просверливается большое число отверстий малого диаметра так, чтобы они были по возможности ближе друг к другу. При сверлении необходимо лишь следить, чтобы отверстия не выходили за намеченный контур. Очень близко друг к другу сверлить отверстия не стоит, так как в этом случае сверло будет соскальзывать в соседнее отверстие и сверлить будет очень неудобно. После того как все отверстия по контуру просверлены зубилом или резцом, прорубают перемычки между отверстиями (рис. 4-12, *а*) и получают отверстия с зубцами по всему периметру. Зубцы спиливают напильником. Для выпиливания круглых отверстий используют круглый напильник, а для прямоугольных — плоский.

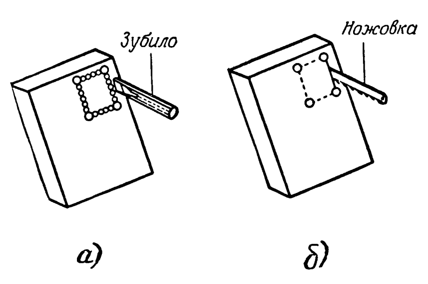
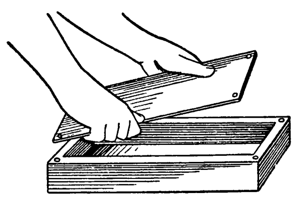


Рис. 4-12. Прорезание больших прямоугольных или неправильной формы отверстий в шасси или панели с помощью зубила (*а*) и ножовки (*б*).

Другой способ заключается в том, что по углам предполагаемого отверстия штампом пробивают отверстия большого диаметра, а затем ножовкой вырезают требуемый контур (рис. 4-12, *б*). Здесь также потребуется напильник для чистовой обработки, но результат получается лучше, чем в предыдущем случае.


Рис. 4-13. Шасси со съемной крышкой.

Отверстия неправильной формы можно прорезать и с помощью лобзика. Для этого предварительно необходимо просверлить одно-два отверстия внутри выпиливаемого контура.

Сверление и прорезание отверстий, а также монтаж различных цепей удобнее проводить на плоском листе металла, чем на шасси. Это используется в так называемых шасси со съемной крышкой (рис. 4-13). После того как все монтажные и слесарные работы закончены, крышку устанавливают на место.

Для уменьшения потерь на высоких частотах иногда в алюминиевых шасси используют медные крышки.

МОНТАЖНЫЕ ДОСКИ

Рассмотрим другой вид монтажных приспособлений — монтажные доски. Перед тем как начинать монтировать детали на металлическом шасси, опытный радиолюбитель вначале промакетирует некоторые узлы отдельно и выберет наиболее подходящий вариант схемы. Для этих целей удобно использовать деревянную монтажную доску. Использование таких досок стало настолько распространенным, что в обиход вошло выражение «посмотреть монтаж или схему на доске». На доске монтируют ламповые панели, монтажные гнезда, наконечники и пр. Монтаж производится с помощью винтов. Передняя панель либо привинчивается к переднему краю доски, либо в качестве нее используется край самой доски.

Не все детали удобно располагать на подобных досках. Так, например, некоторые детали должны быть экранированы металлическим экраном. Деревянная доска не может служить экраном, поэтому необходимо обязательно применять металлические коробки, служащие экраном. Тем не менее применение деревянной монтажной доски весьма полезно, особенно для начинающих радиолюбителей, и мы рекомендуем вам пользоваться ею.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШАССИ

Сгибание Г-образного шасси. В различных радиоустройствах применяются шасси разнообразных форм и размеров. Некоторые из них имеются в продаже, поэтому многие обходятся готовыми шасси. Однако опытные радиолюбители предпочитают сами делать шасси.

Эта часть работы доставляет им истинное творческое наслаждение.

Рассмотрим приемы и методы изготовления металлических шасси. Основное при изготовлении шасси — это получение при сгибании листа малых радиусов закругления на сгибах. В специализированных мастерских сгибание листового металла производится на специальных гибочных машинах (рис. 4-14). Основными деталями этой машины являются две металлические плоскости, между которыми зажимается изгибаемый лист. С помощью рычага эти плоскости поворачиваются и устанавливаются друг относительно друга под прямым углом. При этом лист, зажатый между ними, также сгибается под прямым углом. Такую машину нецелесообразно использовать в домашних условиях, однако имеется ряд устройств, являющихся некоторым подобием её. Так,

Рис. 4-14. Установка для сгибания металлических листов.

для сгибания простейших видов шасси Г-образной формы достаточно согнуть лист, зажав его в тисках и подправив слегка на сгибе киянкой (деревянный молоток). Для более сложных форм шасси понадобятся струбцины и деревянные и металлические бруски. Полезно также иметь пару жестких металлических уголков, с помощью которых также можно производить сгибание шасси (рис. 4-15).

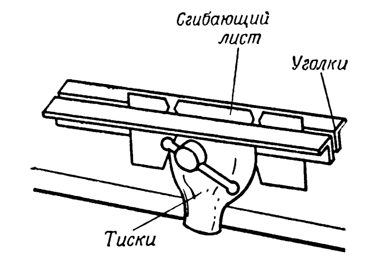
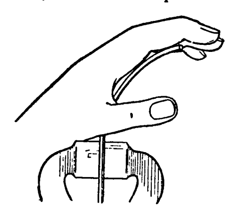


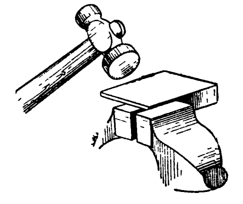
Рис. 4-15. Использование уголков для сгибания шасси.

С помощью уголков хорошо сгибать небольшие листы металла. Если же сгибаемый лист достаточно широк, то на краях сила сжатия тисков заметно меньше, чем в середине, и поэтому дополнительно хорошо использовать еще и струбцины. Если узкие полоски металла хорошо гнутся и вручную, то для широких листов без молотка не обойтись, так как при сгибании широкого листа металла вручную радиус закругления в месте сгиба получается большим (рис. 4-16). Обычно, начиная с одного края и идя до другого, с помощью молотка удается выгнуть лист с соблюдением достаточно малого радиуса закругления в месте сгиба (рис. 4-17).


Рис. 4-16. При сгибании широкого листа металла вручную радиус закругления в месте сгиба получается большим.

Хотя выравнивание молотком и дает определенный эффект, в некоторых случаях этот способ может оказаться непригодным. Тогда используют устройство, подобное описанной выше гибочной машине. Металлические или деревянные бруски располагают с двух сторон металлического листа около линий сгибов (рис. 4-18). С той стороны, куда будет производиться сгиб, бруски делают со скосами, как показано на рис. 4-18. Если бы не было этих скосов, то хорошего прямоугольного сгиба получить не удалось бы. Угол скоса равен 45°; таким образом, при сгибании угол между смежными брусками получится равным 90°. Одна пара брусков (нижняя) зажимается в тисках, а другая (верхняя) зажимается с помощью струбцины.

Бруски могут быть деревянными в том случае, если лист тонкий или когда нет необходимости в очень малом радиусе закругления на сгибе. Для твердых и толстых листов металла и в том случае, когда требуется малый радиус закругления, нужны металлические бруски. Опытные мастера предпочитают латунные бруски стальным. Преимущество деревянных брусков в том, что их легко пилить и можно придать им любую форму, которая в данный момент требуется.


Рис. 4-17. Выравнивание мест сгиба молотком.

Сгибание шасси типа коробки. При сгибании шасси типа коробки возникают проблемы, которых не возникало, когда мы рассматривали

процесс сгибания Г-образного шасси. Сложность заключается в том, что после сгибания одной стороны коробки, когда вы начинаете гнуть вторую сторону, первая загнутая сторона мешает. Поэтому, прежде чем начинать сгибать шасси типа коробки, необходимо тщательно продумать последовательность всех операций. Рассмотрим эти операции на примере сгибания небольшой металлической коробки (рис. 4-19 *а*).

Прежде всего вам необходимо раскроить лист металла так, чтобы из него получилась после сгибания хорошая коробка. Как это сделать, показано на рис. 4-19, *б* и *г*. Обратите внимание на специально просверленные небольшие отверстия в углах вырезов.

Точная разметка имеет чрезвычайно важное значение. Проверьте дважды параллельность всех прямых линий, а также точность и симметричность всех частей размеченной детали. Если обнаружится ошибка, не поздно будет ее исправить. Легче несколько раз перепроверить себя, чем потом исправлять уже согнутый лист. После проверки и исправления разметки можно приступить к разрезанию листа металла. Если имеются в наличии механические ножницы, используя их, вы сможете быстро вырезать заготовку. Если таких ножниц нет, то придется пользоваться обычными большими ножницами по металлу. Если толщина материала (например, алюминия) больше чем 1 *мм*, то этими ножницами трудно будет управляться и придется прибегнуть к ножовке.

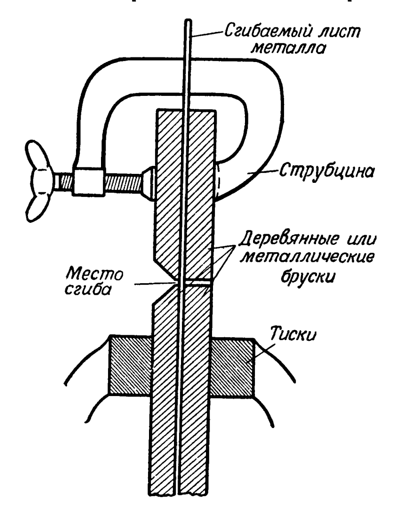


Рис. 4-18. Сгибание листа металла с помощью набора деревянных или металлических брусков.

После того как вы вырежете два листа по контуру, соответствующему принятому раскрою, просверлите по краям в местах соприкосновения обеих частей будущей коробки по два отверстия небольшого диаметра, а затем вырежьте уголки в местах сгиба губок низа коробки.

Необходимо соблюдать осторожность при вырезании уголков в местах сгиба губок низа коробки. Если вырез сделать немного больше, то он будет выходить за намеченный контур и испортит внешний вид коробки. Для того чтобы этого не случилось, применяют следующий прием: когда просверливают крепежные отверстия, одновременно можно просверлить отверстия небольшого диаметра в местах, где должны быть углы будущих вырезов. Они служат как бы фиксаторами положения углов вырезов. При пропиливании или вырезании уголков ножовка или ножницы будут упираться в эти отверстия и предохранять от прорезания за пределы намеченного контура.

После этой операции можно начинать сгибать заготовки. Начинайте с губок низа коробки. Для этого можно применить приспособление, показанное на рис. 4-15, а затем молотком подправить сгибы. Рекомендуем не стучать молотком непосредственно по месту сгиба, а

применять какой-нибудь плоский предмет достаточной ширины. Тогда, ударяя по нему, вы обеспечите более равномерное распределение силы по выравниваемому участку, чем при непосредственных ударах молотком, который захватывает лишь небольшой участок.

Согнув узкие губки, приступайте к сгибанию бортиков. Это можно сделать с помощью струбцин и брусков со скосами, как показано на рис. 4-19, *д*. После того как нижняя часть коробки готова, начинайте сгибать верхнюю часть. Верхняя часть коробки не имеет губок, поэтому согнуть ее легче. При сгибании ее советуем пользоваться методом, показанным на рис. 4-19, *в*.

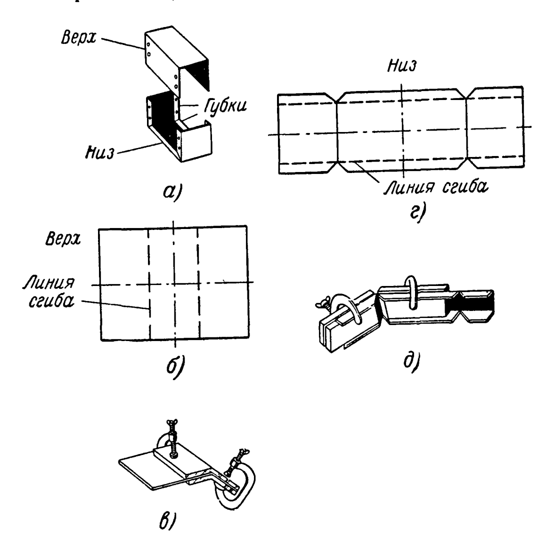


Рис. 4-19. Сгибание шасси типа коробки.

Для выполнения всех операций необходимо иметь набор брусков со скосами и без них. Бруски должны быть разной ширины и длины.

При изготовлении коробок из тонкого листа мягкого металла нет необходимости в припусках при разметке листа. При изготовлении же коробок из толстого листа твердого металла необходимо давать припуск. Обычно припуск равен толщине листа.

Сгибание простого шасси. Шасси сгибается такими же способами, какие были описаны при разборе методов изготовления коробки. Поэтапно изготовление стандартного шасси показано на рис. 4-20. Бруски, применяемые при сгибании сторон шасси, должны точно соответствовать длине и ширине этих сторон. Вначале сгибают более короткую сторону, затем бруски устанавливают на более длинной стороне. Необходимо, чтобы они были установлены очень точно, так как в противном случае они будут задевать за ранее согнутую боковую сторону шасси.

Если вы предусмотрели губки для крепления нижней крышки шасси, то их, как и в предыдущем случае, нужно сгибать в первую очередь, а бруски, применяемые для сгибания боковых сторон, должны быть меньше глубины шасси на ширину губок. После окончания опера-

ций по сгибанию губок и сторон шасси соприкасающиеся торцы боковых сторон заваривают или запаивают. Для пайки алюминия существуют припои и горелки, о которых будет сказано в гл. 6.

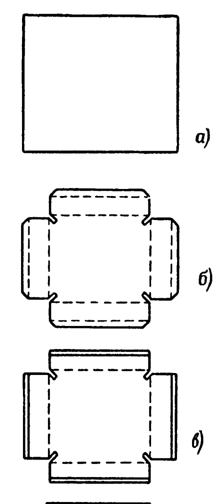


Рис. 4-20. Разметка и сгибание простого шасси.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСА (ЯЩИКА)[1]

Завершающими операциями по построению приемника, передатчика, магнитофона, телевизора и др. являются выбор и изготовление корпуса аппарата и его оформление.

Как уже упоминалось, корпус приемника или другого бытового радиоустройства должен гармонировать с мебелью квартиры как по форме, так и по цвету. Поэтому при построении ящика необходимо тщательно продумать, как лучше его оформить. Здесь важны все детали вместе и каждая в отдельности — и сам ящик, и ручки управления, и форма и цвет шкалы и т. п.

Начинать нужно с эскизов ящика. Выбрав среди них тот, который вас больше всего устраивает, переходите к разработке конструкции ящика.

Ящик должен удовлетворять следующим основным требованиям: хорошая акустика, т. е. воспроизведение всего диапазона звуковых частот с минимальными искажениями при нормальной громкости звучания; гармония внешнего вида ящика с обстановкой квартиры; достаточная прочность, позволяющая длительно эксплуатировать аппарат.

Ящик можно изготавливать как из металла, так и из пластмассы или дерева. Если вы хотите изготовить ящик из металла, то вначале подготовьте все его отдельные элементы, тщательно их подгоните, а затем произведите их сборку. Соединение элементов ящика можно делать как разъемным (на болтах), так и неразъемным (сваркой или клепкой). О сварке и клепке подробно будет рассказано в гл. 6.

На рис. 4-21, *а* показан металлический ящик. Боковые стенки делаются из листового алюминия толщиной 2—2,5 *мм*; нижняя, верхняя и передняя стенки могут быть несколько толще. Скрепляются они с помощью уголков (рис. 4-21, *б*), которые могут использоваться либо в готовом виде, либо быть предварительно изготовлены на гибочном устройстве, о котором говорилось выше.

После изготовления металлического ящика необходимо его обработать. Углы зачищают от заусениц и царапин, сначала с помощью грубого и тонкого напильников, а затем с помощью тонкой шкурки. После этого производится декоративное оформление поверхности ящика.

Самым простым способом окраски является следующий: зачищенную поверхность ящика протирают мягкой тряпочкой, а затем покрывают ровным слоем 10%-ного раствора едкого кали. Наносить его можно с помощью мягкой кисточки или пульверизатора. Поверхность сохнет в течение 15—20 *мин*, после чего она приобретает красивый матово-перламутровый оттенок.

Поверхность металлического ящика можно оформить также с помощью оклейки ее имитационной бумагой с последующей лакировкой поверхности. Имитационная бумага воспроизводит рисунок ценных пород дерева и придает ящику красивый внешний вид. Перед тем как приклеивать, бумагу нарезают кусками по размерам боковых, верхней и передней стенок. Затем куски бумаги смазывают ровным слоем клея (например, БФ-2), наносят поочередно на стенки ящика и аккуратно разглаживают так, чтобы не было складок. Для разглаживания можно использовать резиновый каток, применяющийся в фотографии для накатывания фотобумаги на стекло. Корпус, оклеенный имитационной бумагой, после высыхания покрывают бесцветным лаком. Иногда перед лакировкой можно нанести подслой цветного лака или туши для придания определенного оттенка поверхности ящика.

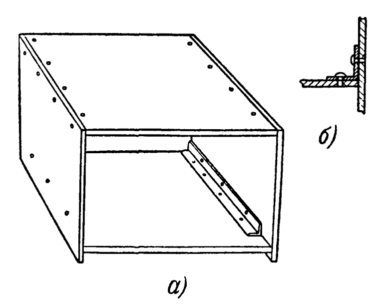


Рис. 4-21. Конструкция металлического ящика.

Лучшее качество звучания удается получить при изготовлении ящика из дерева. Основные элементы ящика (боковые стенки, верхняя и передняя панели, дно) проще изготовить из фанеры, а вспомогательные детали (рамки, рейки, бруски) — из сухого дерева твердых пород. Толщина верхней, боковых и передней стенок должна быть 4—6 *мм*, а дна и отражательной доски, на которой крепятся громкоговорители, 10—12 *мм*. На рис. 4-22, *а* показаны простая конструкция деревянного ящика и его основные элементы.

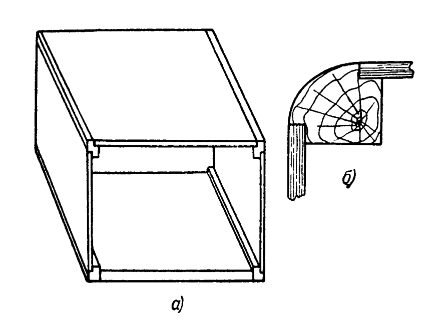


Рис. 4-22. Конструкция деревянного ящика.

Стенки ящика приклеивают к брускам казеиновым или столярным клеем. Наружные углы брусков могут быть слегка закруглены (рис. 4-22, *б*). После просушивания производится оформление внешнего вида ящика. Так же как и в предыдущем случае, можно произвести внешнее оформление с помощью имитационной бумаги или путем окраски с последующей лакировкой и полировкой. Перед покрытием деревянную поверхность ящика нужно обработать так, чтобы она была гладкой и ровной. Затем необходимо шпаклевкой замазать все щели и неровности. После сушки в течение 8—10 *ч* прошпаклеванную поверхность обрабатывают наждачной бумагой так, чтобы она была гладкой.

Шпаклевку можно использовать либо готовую, либо приготовить ее самостоятельно. Для этого нужно 50 весовых частей мела смешать

с 44 частями воды, 4 частями столярного клея и 2 частями олифы и перемешивать до тех пор, пока они не образуют однородную и одноцветную тестообразную массу без комков. Эта масса вполне пригодна в качестве шпаклевки.

Если вы собираетесь покрасить корпус, то краску нужно наносить в несколько слоев до получения требуемого равномерного оттенка. После нанесения каждого слоя (тонкий слой наносится с помощью кисти или пульверизатора) корпус нужно просушить и отшлифовать мелкой наждачной бумагой.

Для получения различных оттенков применяют следующие рецепты красителей, рекомендуемые в радиолюбительской практике. Для получения коричневого оттенка у березового, дубового или букового ящика применяется такой рецепт: кислотный хром коричневый — 15 *г*, уксусная кислота — 10 *г*, квасцы алюминиевые — 55 *г*, вода — 5 *л*. Для окраски тех же пород дерева в красновато-коричневый цвет применяется раствор ореховой морилки (20 *г*) и красителя «Рубин» (2 *г*) в 1 *л* воды. Для окрашивания березы и бука в цвет красного дерева приготавливается смесь из 50 *г* медного купороса, растворенного в 1 *л* воды, и 100 *г* желтой кровяной соли, растворенной в 1 *л* воды.

Для лучшего прилипания краски к деревянной поверхности ящика рекомендуется предварительно смазывать ее тонким слоем столярного клея либо добавлять в краску 2—3% столярного клея.

Окончательная отделка производится либо покрытием поверхности олифой, либо лакировкой или полировкой. Перед нанесением слоя олифы ее слегка разогревают. После просыхания поверхность приобретает глянец.

Более красивая отделка получается при лакировке поверхности бесцветным лаком. Лак наносится в 6—10 слоев. После нанесения каждого слоя ему дают просохнуть, затем поверхность шлифуют.

Наилучший способ отделки деревянной поверхности — полировка. Лучше всего поддаются полировке ровные гладкие поверхности. Полировку производят с помощью куска шерстяной ткани, обернутой полотняной тряпочкой. Внутрь такого тампона наливается политура, так чтобы при нажатии пальцами, она проступала сквозь тампон. Наносить на поверхность политуру необходимо быстрыми круговыми движениями тампона по поверхности, так чтобы последующий мазок перекрывал по краю предыдущий. Снимать тампон нужно на краю поверхности. Останавливать тампон на обрабатываемой поверхности нельзя, так как при этом получается пятно, которое потом весьма трудно выправить.

Всего необходимо нанести 20—30 слоев политуры с промежутками в 3—4 *мин*, необходимыми для высыхания поверхности. После нанесения 20—30 слоев политуры корпус сушат в течение 3—5 суток. После просушки процесс полировки повторяется.

Для полировки применяется 7—8%-ная политура. После того как осуществлены 2—3 цикла полировки, необходимо обработать поверхность очень мелкой наждачной бумагой. После этого с помощью куска шерсти или сукна, накрученного на деревянный брусок, производится собственно полировка. Для этого на сукно наносят слой пасты ГОИ и смачивают его подсолнечным маслом. С легким нажимом двигая брусок по поверхности, доводят ее до зеркального блеска. После этого поверхность вытирается куском чистой ваты, затем тампоном, смоченным в подсолнечном масле, и, наконец, снова ватой. На этом процесс полировки заканчивается. Описанный процесс полировки требует аккуратности при исполнении всех операций.

ГЛАВА ПЯТАЯ

РАЗМЕЩЕНИЕ И МОНТАЖ ДЕТАЛЕЙ

Если вы заглядывали внутрь окружающих вас бытовых радиоприборов, то, вероятно, замечали, что у подобных типов приборов (например, у двух радиоприемников) детали расположены подобно. Это подобие — не случайное совпадение и не результат того, что разработчики приборов копируют друг у друга схему расположения деталей.

Расположение деталей подчиняется строгим правилам, учитывающим электрические, механические и эстетические соображения. Рассмотрению этих правил и посвящена эта глава.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ДЕТАЛИ И ЦЕПИ

Высокочастотные детали используются в радио- и телевизионных приемниках и передатчиках, генераторах стандартных сигналов, измерителях частоты, различного рода автоматических управляющих схемах и др., где происходит генерирование, усиление, детектирование и преобразование токов высокой частоты. Высокочастотными токами принято считать токи, частота которых больше 20 *кгц*.

Переменные токи, имеющие частоты 20 *кгц* и ниже, принято называть токами низкой, или звуковой, частоты. Частоты между 20 *кгц* и 5 *Мгц* принято называть видеочастотами, так как они в настоящее время широко используются в телевидении.

Наличие или отсутствие в данной цепи токов высокой частоты сильно влияет на размещение и монтаж деталей. На низких частотах размещение деталей практически почти не сказывается на качестве работы схемы. Это происходит по той причине, что в этом диапазоне изменение частоты не вызывает изменения параметров основных узлов и деталей схемы. Влияние изменения частоты начинает проявляться на частотах выше 3 *Мгц*. Выбор типа деталей и размещение их в приборе, работающем в диапазоне ультракоротких волн (30—300 *Мгц*) и на сверхвысоких частотах (300—15 000 *Мгц*), представляют собой основную проблему конструирования радиоаппаратуры.

Основное правило при монтаже высокочастотных деталей заключается в следующем: *детали должны размещаться таким образом, чтобы высокочастотные соединения между ними были как можно прямее и короче.* Важность этого правила растет с ростом частоты. О нем необходимо всегда помнить при монтаже и соблюдать его как непременный закон.

Таким образом, при разметке деталей на шасси в первую очередь необходимо учитывать длину соединительных проводов и высокочастотных выводов. Провода, по которым не течет высокочастотный ток, могут быть длиннее. Если по какой-либо цепи одновременно течет более одного высокочастотного тока, то длина соединительных проводов этой цепи выбирается, исходя из требований для самой высокой частоты.

Рассмотрим простой пример. На рис. 5-1 показана схема трехточечного генератора с индуктивной связью. Такие генераторы широко используются в качестве задающих генераторов, гетеродинов радиоприемников и пр. Генератор, собранный по трехточечной схеме, может работать на любой частоте. Она определяется индуктивностью катушки L_1 и емкостью конденсатора C_1. Если емкость конденсатора C_1

задана, то нужно подобрать индуктивность катушки L_1 (которая зависит от диаметра провода и количества витков катушки) таким образом, чтобы на требуемой частоте контур, образованный емкостью C_1 и индуктивностью L_1, имел резонанс. Конденсаторы C_2 и C_3 и высокочастотный дроссель *Др* должны иметь минимально возможные и стабильные в требуемом диапазоне частот параметры, с тем чтобы обеспечить устойчивый резонанс основной цепи C_1, L_1.

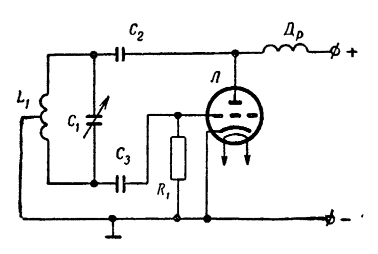


Рис. 5-1. Схема трехточечного генератора с индуктивной связью.

Допустим, что вы хотите построить генератор, работающий на сравнительно низких частотах (540—1 600 *кгц*). Вы можете наладить ваш генератор, разместив детали на монтажной доске типа той, о которой шла речь в предыдущей главе. На таких низких частотах длина выводов и соединительных проводов не имеет принципиального значения, поскольку она ничего не добавляет практически к значению параметров деталей схемы. Конечно, это не значит, что этим следует злоупотреблять и делать концы любой длины, так как это портит внешний вид и ухудшает условия эксплуатации окончательно собранного устройства.

Емкость C_1 и индуктивность L_1 на этих частотах обычно выбирают равными соответственно 100 *пф* и 130 *мкгн*. При таком сочетании деталей резонансного контура обеспечивается резонанс на частоте 1 000 *кгц*. Катушка индуктивности представляет собой простой соленоид. Наружные соединения осуществляются пайкой к выводам, закрепленным наконечниками.

Рис. 5-2. Схема генератора, работающего в диапазоне частот 3—300 *Мгц*.

Конденсатор C_1 может быть как постоянным, так и переменным. Если частоту в процессе работы нужно часто подстраивать, то ставится переменный конденсатор. Если же перестройку частоты требуется осуществлять очень редко, то в качестве такого конденсатора достаточно использовать полупеременный подстроечный конденсатор.

Предположим, что вам необходимо сделать генератор, работающий по трехточечной схеме, но на более высоких частотах. В этом случае при монтаже уже необходимо по возможности сокращать длину соединительных проводов и выводов. Катушка индуктивности уменьшается; она может в зависимости от частоты содержать всего несколько витков, причем паразитная емкость между витками катушки и длина выводов катушки в этом случае уже имеют большое значение.

Схема генератора, работающего на частотах 3—300 *Мгц*, показана на рис. 5-2. Так как катушка индуктивности, используемая здесь заметно меньше той, которая использовалась в предыдущем примере,

и индуктивность ее сравнима с индуктивностью одиночного провода, то в этом случае соединительные провода необходимо делать по возможности короче.

Емкость между высокочастотными соединительными проводами, между проводами и шасси, а также межвитковая емкость катушки сильно влияют на работу схемы. Поэтому монтаж необходимо проводить надежно, с тем чтобы предотвратить нестабильность частоты из-за изменения взаимного положения проводов при вибрациях и нагреве. Кроме того, длинные провода могут явиться причиной нарушения генерации из-за потерь в них.

Для нормальной работы схемы весьма важным фактором являются взаимное расположение и ориентация деталей и ламповых гнезд. Поэтому, прежде чем начать изготавливать шасси, необходимо тщательно распланировать размещение деталей на нем. Расстановка деталей

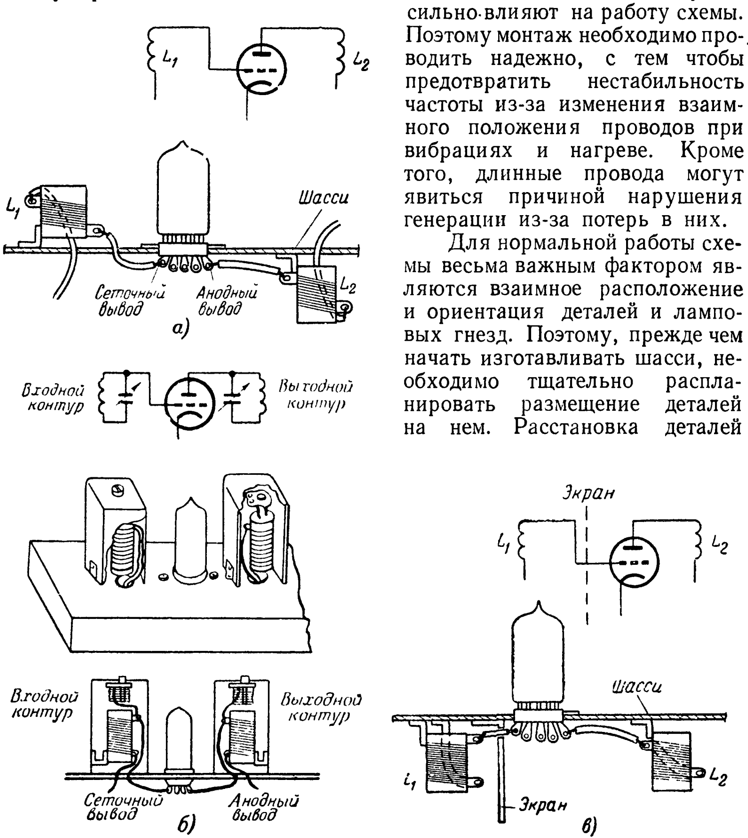


Рис. 5-3. Способы экранирования входных и выходных цепей усилителя.

должна проводиться, исходя из требований коротких соединений и минимального количества пересекающихся высокочастотных проводов. Иными словами, монтировать необходимо таким образом, чтобы отводы, идущие к деталям, расположенным слева от ламповой панели, соединялись с левыми гнездами панели, а провода, идущие к деталям, расположенным справа, — с правыми выводами ламповой панели. Для того чтобы схема не излучала в эфир помехи и не мешала работе других радиоустройств, ее нужно экранировать металлической коробкой. Выходные цепи и цепи накала лампы следует проложить высокочастотным кабелем.

Одним из главных соображений, вызывающих необходимость укорочения соединительных проводов, является паразитная обратная связь. Если каким-либо образом сигнал с выхода схемы попадет на вход в соответствующей фазе, то схема будет находиться в режиме самовозбуждения и начнет генерировать. В тех случаях, когда необходимо построить генератор, наличие такой обратной связи с выхода на вход весьма полезно и желательно. Если же вам необходимо построить усилитель, то необходимо предпринять все меры для того, чтобы избавиться от такой обратной связи. Все эти меры сводятся к тому, что входная цепь максимально изолируется от выходной. Одним из наиболее общих средств такой изоляции является экранировка входных и выходных контуров схемы.

На рис. 5-3 приведены примеры расположения входных и выходных цепей усилителя на шасси. Входная цепь может быть смонтирована на алюминиевом шасси по одну сторону его вместе с лампой усилителя, а выходной контур подобным же образом по другую его сторону (рис. 5-3, *а*). Ламповая панель устанавливается таким образом, что входная цепь расположена рядом с сеточным выводом ламповой панели, к которому она подсоединяется. Выходная цепь соответственно монтируется с таким расчетом, чтобы было удобнее подсоединяться к анодному выводу ламповой панели.

Экранирующая сетка и катод лампы по высокой частоте должны быть заземлены. Это заземление осуществляется с помощью конденсаторов, которые включаются между ними и шасси. Емкости конденсаторов подбирают таким образом, чтобы их реактивное сопротивление на рабочей частоте было достаточно малым.

Для обеспечения достаточно надежной развязки между входом и выходом входные и выходные контуры усилителей экранируют с помощью металлических колпаков, которые закрывают целиком тот или другой контур (рис. 5-3, *б*). Эти экранирующие колпаки соединяют с шасси. Иногда достаточно только одного колпака, например, для входного контура. Другой контур остается открытым. В тех случаях, когда связь между входом и выходом слабая, в качестве экрана можно использовать простую металлическую перегородку, установив ее между входной и выходной цепями, как показано на рис. 5-3, *в*.

Начинающим радиолюбителям-конструкторам советуем пользоваться колпачковыми экранами. Закрыв все контуры усилителя такими колпачками, вы будете гарантированы от возникновения самовозбуждения. При размещении деталей на шасси нужно учитывать, что будут установлены экранирующие колпачки, и предусмотреть место для них.

Иногда шасси или субшасси делают из меди. При этом сопротивление шасси для высокочастотных токов снижается и напряжение обратной связи также понижается. Высокочастотные токи текут только по поверхности шасси, поэтому для понижения напряжения обратной связи не обязательно применять материал шасси с высокой проводимостью. Можно вполне пользоваться обычным алюминиевым шасси, покрыв его поверхность тонким слоем высокопроводящего металла. Таким металлом могут быть серебро, медь, никель и др.

Большое значение имеет взаимное расположение отдельных частей схемы. Выбором расстояния между деталями можно снизить выводки и избавиться от самовозбуждения схемы. Однако для низкочастотной аппаратуры это малоэффективно, так как для снижения связи требуется удалять каскады на большое расстояние, что сильно увеличивает размеры устройства. На коротковолновом участке диапазона этот метод

достаточно эффективен и им широко пользуются специалисты и радиолюбители.

Степень экранирования при данном расстоянии между деталями увеличивается при уменьшении длины волны. На СВЧ длины волн сравнительно коротки и расстояние между катушками может быть выбрано так, что будет обеспечена полная их изоляция. Вот почему большинство СВЧ цепей не нуждается в дополнительной экранировке. Для них не обязательно применять экранирующие колпачки.

Эффективным способом взаимной развязки катушек индуктивности входного и выходного контуров является их взаимно перпендикулярное размещение на шасси, когда одна катушка располагается горизонтально, а другая вертикально или обе горизонтально, но под углом 90° друг к другу. При таком расположении электромагнитная связь между катушками отсутствует.

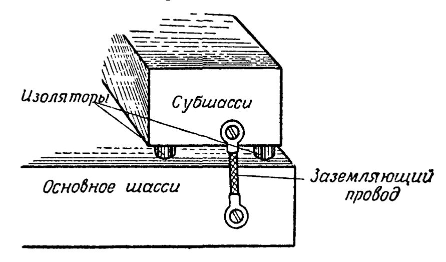


Рис. 5-4. Заземление субшасси с помощью соединительной шины.

Расположение заземления является одним из важных факторов в высокочастотных схемах. Практически достаточно хорошей «землей» можно считать непосредственно шасси, к которому подсоединяются те детали, которые должны быть заземлены. Однако на частотах свыше 10 *Мгц* материал шасси не является идеальным проводником и создает дополнительное сопротивление высокочастотным токам. Поэтому заземление каждой детали в своей отдельной точке нежелательно, так как при этом возникают дополнительные высокочастотные цепи, образованные за счет протекания токов высокой частоты по различным участкам шасси. Токи из различных участков схемы могут течь по какому-либо участку шасси, который представляет для них общее сопротивление. Напряжение, падающее на этом сопротивлении за счет токов, текущих с выхода цепи усилителя, может быть напряжением обратной связи, способной вызвать самовозбуждение усилителя и возникновение режима генерации. Во избежание этого концы всех деталей, которые должны быть заземлены, соединяют вместе и затем соединяются с шасси в одной точке. При этом для токов высокой частоты по шасси создается самый короткий путь.

Этот принцип «единой земли» применяется также для субшасси, на которых монтируют высокочастотные элементы. Такое субшасси монтируют на основном шасси таким образом, что они изолированы друг от друга (рис. 5-4). Контакт по высокой частоте между ними осуществляется за счет только одного провода. Это предотвращает появление обратной связи между цепями субшасси и основного шасси и обеспечивает нормальный режим работы всего устройства.

Обобщая сказанное, назовем основные правила, которые необходимо соблюдать при монтаже высокочастотных цепей.

Детали схемы должны быть размещены и ориентированы таким образом, чтобы соединительные провода и выводы имели минимальную длину и по возможности меньше переплетались и пересекались.

Для исключения взаимного влияния между высокочастотными катушками их нужно взаимно ориентировать и экранировать.

Пути высокочастотных токов по шасси должны быть сведены к минимуму рациональным выбором способа соединения деталей схемы с шасси.

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ДЕТАЛИ И ЦЕПИ

Низкочастотными деталями считаются те, по которым протекают токи с частотами 20 *кгц* и ниже. Хотя длина выводов здесь не имеет такого значения, как в усилителях высокой частоты, однако для усилителей с большим коэффициентом усиления нельзя ею пренебрегать.

Экранирование деталей с помощью металлических коробок, как это делается на высоких частотах, в этом случае малоэффективно. Гораздо чаще для этой цели применяют экранированные провода, которые надежно предохраняют от возникновения паразитных связей.

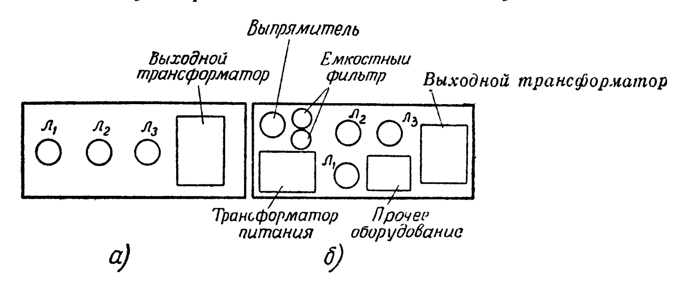


Рис. 5-5. Расположение деталей усилителя низкой частоты.

а — расположение каскадов в одну линию; *б* — компромиссный вариант размещения деталей усилителя сверху шасси.

Низкочастотный усилитель обычно имеет на выходе каскад с большим усилением по мощности, которому предшествует один или несколько каскадов усиления по напряжению. Одиночный каскад усиления по напряжению может иметь коэффициент усиления порядка 300 и более. При таком большом усилении каскада очень важно правильно выбрать и разместить детали, чтобы избежать появления напряжения на входе за счет поля рассеяния (наводок).

И провода электросети, и собственные источники питания усилителей имеют вокруг себя электромагнитное поле питающей частоты и создают наводки на расположенные вблизи радиоустройства. Поэтому любой провод на входе усилителя с высоким коэффициентом усиления необходимо экранировать. Кроме экранирования, вы должны быть уверены в том, что каскад усилителя с большим коэффициентом усиления расположен на шасси таким образом, что он надежно изолирован от других каскадов, особенно от каскадов с высоким уровнем мощности на выходе.

В большинстве случаев наилучшим расположением каскадов усилителя на шасси является расположение в одну линию, как показано на рис. 5-5, *а*. При этом каскад с высоким усилением по напряжению располагается вблизи следующего такого каскада и далеко от выходного каскада. Однако, несмотря на его преимущества, такое расположе-

ние каскадов не всегда на практике осуществимо из-за нехватки места, поэтому применяется компромиссный вариант размещения, как, например, на рис. 5-5, *б*.

В высококачественных устройствах (приемники, усилители) каскады с большим коэффициентом усиления по напряжению часто выделяют в отдельный самостоятельный блок, называемый предварительным усилителем. Типовая блок-схема высококачественного усилителя приведена на рис. 5-6. На вход такого усилителя с помощью экранированного провода можно подать сигнал со звукоснимателя, магнитофона, радиовещательной сети и др.

Предварительный усилитель является только усилителем напряжения, составляя часть общего усилителя, и не так сильно подвержен действию паразитных обратных связей и фона, как в случае простого усилителя, содержащего и усилитель напряжения, и усилитель мощности. А поскольку с предварительного усилителя на вход мощного усилителя подается достаточной величины сигнал, коэффициент усиления мощного усилителя может быть сравнительно невысоким и проблемы обратной связи и фона здесь также не особенно важны.

Рис. 5-6. Блок-схема высококачественного усилителя звуковой частоты.

Цепи питания и управления. Основными проблемами при размещении цепей и узлов питания являются низкочастотные наводки на чувствительные цепи усилителей и распределение весов по площади шасси.

Если вблизи усилителя с большим коэффициентом усиления расположить трансформатор питания или дроссель фильтра, то переменные электромагнитные поля, существующие вокруг них, наведут на вход усилителя токи питающей частоты. Эти токи и создают «фон», который усиливается в последующих каскадах наряду с полезным сигналом. Если усилительные каскады собраны по трансформаторной схеме, то в катушках межкаскадных трансформаторов также будут наводиться паразитные токи питающей частоты, создающие нежелательный фон на выходе. Для того чтобы избежать этого фона, входные каскады, а также межкаскадные трансформаторы нужно стараться отнести как можно дальше от трансформатора питания и дросселя фильтра блока питания. Другой мерой предохранения от наводок является такое размещение трансформатора и дросселя, при котором связь между ними будет минимальной. Примеры расположения их на шасси показаны на рис. 5-7.

Накальные выводы ламп также возбуждают переменные электромагнитные поля (если, конечно, накальная цепь питается не от батареи) в окружающем пространстве. Эти поля могут быть также достаточными, чтобы создать наводки в чувствительных входных цепях усилителей с большим коэффициентом усиления, так как при нормальной работе по накальным цепям протекают токи от 0,15 до 6 *а*.

Существующие меры защиты от наводок по цепи накала заключаются в следующем:

один вывод накальной цепи заземляют (соединяют с шасси), а другой вывод в виде одиночного провода, изолированного от шасси, проводят по поверхности шасси таким образом, чтоб он проходил по возможности подальше от чувствительных сеточных цепей усилителя;

в исключительных случаях, когда один из проводников цепи накала не может быть заземлен, оба накальных проводника свивают таким образом, чтобы поля одного и другого проводников взаимно компенсировались;

иногда накальная цепь осуществляется с помощью экранированного провода (экранирующую оплетку при этом соединяют с корпусом), благодаря чему наводки по цепи накала резко снижаются.

Конденсатор фильтра, резисторы делителей, вентили (которые входят обычно в блоки питания) обычно монтируют рядом с трансформатором питания и дросселем фильтра. Это обеспечивает компактность блока питания и упрощает монтажную схему.

Источники питания обычно выделяют большие мощности, поэтому во избежание перегрева самого источника питания и той части устройства, где он размещается, часто применяют искусственное охлаждение

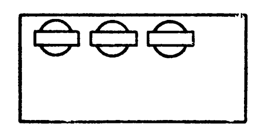
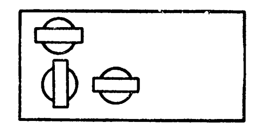



Рис. 5-7. Варианты размещения на шасси узлов цепи питания для уменьшения возможности создания низкочастотного фона.

(вентилятор). Кроме того, лампу выпрямителя (кенотрон) не следует размещать вблизи других ламп и деталей, поскольку она выделяет большое количество тепла.

Некоторые схемы питания содержат гасящие резисторы, которые включаются параллельно высоковольтному выходу. Их предпочтительнее включать отдельно от шасси и других деталей на расстояние не менее 2—3 *см*.

Основной вес любого блока сосредоточен в цепи питания, поэтому, планируя размещение цепи питания, нужно предусмотреть равномерное размещение веса по всей площади, занимаемой данным устройством. Например, если цепь питания выделена в отдельный блок, который будет установлен в шкафу, то для него, как правило, выбирается место внизу, чтобы переместить центр тяжести всего шкафа вниз и таким образом повысить его устойчивость. Для блоков, установленных в ячейки шкафа, давление на шасси и установочные металлические части (подкосы, кронштейны, направляющие полозья и др.) сильно снижается при размещении тяжелых деталей (в основном трансформаторов и дросселей) около передней стенки шасси.

ПРОБЛЕМЫ МОНТАЖА, СВЯЗАННЫЕ С НАГРЕВОМ ДЕТАЛЕЙ

Многие электрические и радиотехнические устройства при работе выделяют большое количество тепла. Особенно много тепла выделяют лампы и мощные резисторы. Дроссели фильтра, трансформаторы питания, селеновые столбики и др. также выделяют тепло. Вместе с тем в каждом устройстве есть детали, изменение температуры которых резко влияет на работу всего устройства. Это — транзисторы, полупроводниковые диоды, высокочастотные конденсаторы и резисторы

и др. Так, изменение температуры колебательного контура приводит к нежелательному изменению резонансной частоты. Поэтому при разметке шасси детали, выделяющие много тепла, нужно стремиться располагать подальше от чувствительных к изменению температуры элементов. Место расположения выделяющих тепло деталей должно хорошо вентилироваться. Если они смонтированы слишком плотно, то детали могут в процессе работы перегреваться и постепенно выходить из строя. Известно, что теплый воздух перемещается вверх. Поэтому при размещении аппаратуры важно не только размещение деталей на шасси, но и положение самого шасси.

Иногда блок, который вполне удовлетворительно работает в горизонтальном положении, при установке его в вертикальное положение работает ненормально, так как при этом тепло от одних элементов схемы начинает передаваться к другим, которые при горизонтальном положении не испытывают нагрева.

ЭКОНОМИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛОЩАДИ И РАЦИОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА

Как уже было сказано выше, при планировании размещения деталей наряду с соображениями чисто электрического характера большое значение имеют механические характеристики шасси и панели. Даже если вами соблюдены при монтаже все требования, касающиеся длины выводов и соединительных проводов, обеспечивающих нормальную работу высокочастотной части аппарата, даже в этом случае желательно по возможности ближе расположить детали схемы. Это особенно важно при разработке больших радиоустройств типа комбайнов, приемно-передаточных станций и др., где желательно делать монтаж как можно более компактным. Для цепей, содержащих 30 деталей и больше, необходимо экономить место буквально по сантиметру на каждой детали, подбирать малогабаритные детали и рационально их располагать. Это позволит уменьшить общие габариты, а иногда даже сократить количество отдельных блоков. Однако это, конечно, не означает, что можно до бесконечности «ужимать» монтаж. Не нужно так сближать детали, чтоб затруднить их монтаж и доступ к ним.

Другим важным вопросом при размещении деталей на шасси является рациональное распределение веса. В гл. 3 указывалось, что для установки и надежного крепления всех деталей шасси должно быть достаточно прочным и устойчивым. Кроме того, желательно и сами детали располагать таким образом, чтобы максимально уменьшить нагрузку на раму и крепежные узлы установочного шкафа.

Наиболее жесткими частями шасси являются участки вблизи углов. Поэтому, как правило, тяжелые детали (трансформаторы питания, дроссели и др.) располагают по углам около задней стенки шасси. Это совместимо и с электрическими требованиями оптимального размещения монтажа, поскольку шнур питания от электросети подводится сзади любого радиоустройства. Таким образом, размещение узлов питания по углам на задней кромке шасси определено как с электрической, так и с механической точек зрения. Необходимо вообще избегать расположения тяжелых элементов посредине шасси, так как при больших нагрузках оно может прогнуться.

Исключением из правила размещения блоков питания на задней кромке по углам составляют случаи, когда шасси устанавливают в шкаф. При этом лучше размещать тяжелые детали по углам передней

кромки, так как она дополнительно усилена передней панелью и боковыми подкосами. Кроме того, при таком расположении удобно вставлять и вынимать шасси из ниши шкафа.

ВНЕШНИЙ ВИД МОНТАЖА

После того как будут соблюдены все технические требования к размещению деталей, необходимо позаботиться о том, чтобы весь прибор в целом имел хороший внешний вид. Что для этого нужно сделать?

Во-первых, старайтесь располагать детали строго по прямым линиям. Если, к примеру, вы строите усилитель промежуточной частоты, который имеет две лампы и три трансформатора промежуточной частоты, и располагаете эти детали в ряд, то необходимо, чтобы они выходили из ряда не более чем на 2—3 *мм*.

Во-вторых, старайтесь размещать элементы монтажа равномерно, чтобы не получилось так, что одна сторона шасси слишком заставлена, а другая совершенно пуста, даже если это допустимо с точки зрения электрических требований.

Очевидно, особо важное значение имеет внешний вид передних панелей. При размещении деталей на передней панели нужно учесть все эстетические возможности различных вариантов. Необходимо, чтобы это расположение было удобным с эксплуатационной точки зрения и в то же время радовало глаз при взгляде на ваше сооружение. Этого можно достигнуть только в результате тщательного изучения всех вариантов и перестановок деталей на панели.

Обычно контрольные стрелочные приборы, если их несколько, размещают симметрично по панели с учетом их размеров и формы. Если имеется один стрелочный прибор или электроннолучевая трубка, то их монтируют в середине панели, а вокруг них располагают остальные, более мелкие детали.

ПРОВЕРКА ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

Разметив и просверлив шасси, вы можете приступить к следующей операции — сборке деталей и узлов схемы на шасси. Рассмотрим наиболее общие проблемы, с которыми вам придется сталкиваться при сборочных работах.

Перед тем как начать сборку, необходимо собрать все детали и узлы, которые вам понадобятся, а затем разложить их на каком-нибудь щите или просто на столе и проверить на функционирование (о порядке проведения электрического контроля деталей будет сказано в гл. 12), с тем чтобы быть уверенным, что все детали и узлы имеются в наличии и годны для монтажа. Это можно делать после того, как вы просверлили все отверстия в шасси и подготовили его к монтажу или до этого. Но ни в коем случае нельзя откладывать проверку до того момента, когда уже необходимо непосредственно начинать монтаж этих деталей.

Для удобства рекомендуем на схеме обозначить соответствующим образом все детали и составить своего рода спецификацию, где после проверки вы будете делать пометки о наличии и пригодности тех или иных деталей. В спецификации целесообразно предусмотреть графы для обозначения номинала детали по схеме, фактической величины по замеру, наличие данной детали и др.

В настоящее время приняты стандартные обозначения всех деталей. Например, резисторы обозначаются буквой R. Внизу ставится номер детали. Так, R_{156} означает, что это резистор, который в схеме обозначен номером 156. Конденсаторы обозначаются буквой C, трансформаторы — *Тр*, дроссели — *Др*, лампы — *Л* и т. д. с обозначением соответствующего номера по схеме.

Недостающие или негодные детали необходимо тут же восполнить и приступить к монтажу только после того, как все будет полностью подобрано.

В дополнение к деталям, предусмотренным схемой, вы к моменту начала монтажа должны запастись также необходимым минимумом инструмента и набором крепежных винтов диаметром 4—6 *мм*, гаек и болтов. Длина винтов и болтов, которые требуются при монтаже, обычно бывает 9—12 и 18 *мм*.

ОБЩИЕ СОВЕТЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРКЕ

Жестких правил о порядке проведения сборки деталей на шасси нет. Однако, как правило, установку таких деталей, как стрелочные

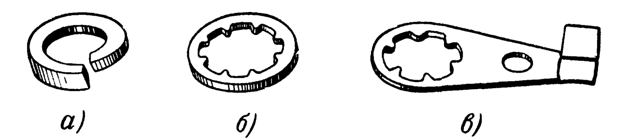


Рис. 5-8. Пружинящие шайбы:

а — типа гровер; *б* — обыкновенная, *в* — с наконечником.

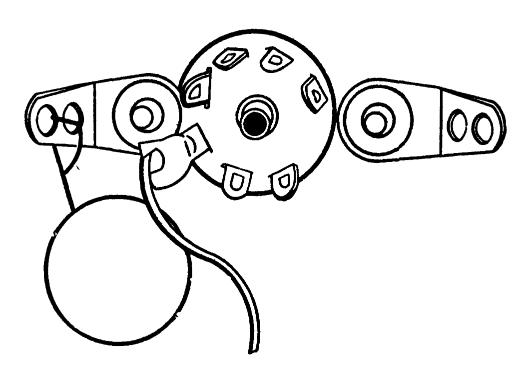


Рис. 5-9. Установка шайб, скомбинированных с наконечниками, под крепежные болты ламповой панели.

приборы, конденсаторы переменной емкости, электроннолучевые трубки и др., лучше производить после того, как монтаж остальных деталей будет закончен. Установка измерительных приборов обычно производится после того, как все электрические соединения смонтированы.

Прежде чем производить установку субшасси различных отдельных блоков на основном шасси, необходимо полностью закончить монтаж и проверку каждого из этих блоков в отдельности.

Имеется общее правило, выполнение которого повышает эффективность и качество сборки. *при сборке обязательно применяйте*

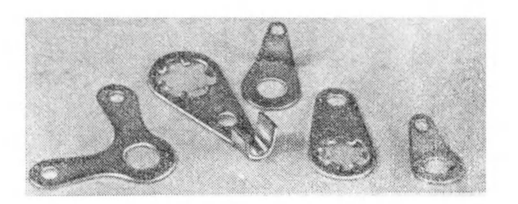


Рис. 5-10. Лепестки и наконечники, используемые при монтаже.

специальные пружинящие шайбы (рис. 5-8). Это может показаться излишним, но шайбы себя оправдывают, так как при затяжке болтов без этих шайб через некоторое время болты ослабевают и стягиваемые ими детали разбалтываются. Пружинящие шайбы подкладывают прямо под головку болта, без каких-либо дополнительных шайб или прокладок между ними.

В большинстве радиоустройств различные цепи предусматривают соединение с корпусом, поэтому хорошо иметь лепестки или наконечники, соединенные с корпусом, к которым можно было бы всегда подсоединить эти цепи. Для этой цели служат шайбы с наконечниками. Такие шайбы можно устанавливать под крепежные болты ламповых панелей (рис. 5-9).

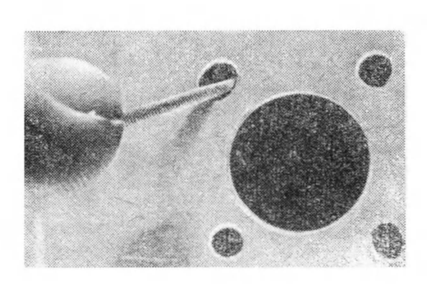


Рис. 5-11. Расточка с помощью надфиля отверстия под крепежные болты ламповой панели.

Лепестки и наконечники могут быть различных форм и размеров; некоторые из них показаны на рис. 5-10. Каждый из них рассчитан под крепежные винты или болты различных диаметров.

Хотя расположение деталей ровными рядами определяется главным образом тем, как вы построили шасси и как просверлили в нем монтажные отверстия, но целиком на это надеяться не нужно, так как всегда могут быть допущены ошибки как при разметке шасси, так и при выполнении различных механических операций. Поэтому заранее при сверлении различных отверстий необходимо делать небольшой припуск, который позволит вам перед окончательной затяжкой крепежных болтов выровнять детали, как требуется. Только после этого можно окончательно затягивать винты и гайки.

При сверлении крепежных отверстий в шасси иногда случается так, что одно из отверстий не совпадает с установочными гнездами на детали.

Если ошибка получается не очень большой, то ее можно легко исправить, расточив отверстие напильником или надфилем, как показано на рис. 5-11. Отверстие растачивают в ту сторону, куда необходимо его переместить, для того чтобы оно совпало с соответствующим установочным гнездом, шпилькой или болтом детали.

Для пропускания жгутов, отдельных жил проводов, высокочастотных кабелей и других проводников в шасси прорезываются специальные отверстия. Во избежание короткого замыкания, наличия переменного контакта, изгибов на острых кромках, которые могут привести к повреждению проводников, в эти отверстия вставляют изоляционные втулки из резины или другого диэлектрика (рис. 5-12), которые, кроме всего прочего, придают шасси хороший внешний вид.

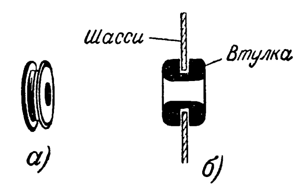


Рис. 5-12. Изоляционная втулка для пропускания сквозь шасси проводов.

а — внешний вид; *б* — установка на шасси.

При выборе типа втулки нужно быть уверенным, что диаметр ее внутреннего отверстия вполне достаточен для данного провода, болта, шпильки или другого устройства, которое должно проходить через это отверстие. После того как вы выбрали тип необходимой вам в данном случае втулки, вы должны определить диаметр отверстия, которое необходимо сверлить в шасси под данную втулку. Такие втулки используются также в качестве амортизаторов при установке конденсаторов переменной емкости, моторов магнитофонов и радиопроигрывателей и др., так как они в силу своей эластичности уменьшают вибрацию.

СОВЕТЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНСТРУМЕНТА ПРИ СБОРКЕ

Мы не имеем возможности описать здесь все технические приемы работы с инструментом при сборке, поскольку этих приемов сотни. Однако считаем необходимым дать некоторые советы, которые будут весьма полезны начинающим радиолюбителям.

Необходимо применять отвертки, лезвия которых подходят по размерам под шлицы винтов. Одинаково плохо, если наконечник лезвия окажется толще или намного тоньше шлица или если он намного длиннее или короче его (рис. 5-13, *а*). Держать отвертку при работе рекомендуется по одной линии с винтом, как показано на рис. 5-13, *б*, без перекосов, так чтобы не получилось повреждения лезвия отвертки и деформации шлица винта.

Лезвия отверток затачивают на точильном камне или напильником с мелкой насечкой. Не нужно слишком остро затачивать лезвие отвертки, так как оно будет при работе легко гнуться и ломаться. Не следует также делать его слишком тупым или с закругленной кромкой; при этом оно будет соскальзывать со шлица винта. Лучше всего при заточке придавать шлицу трапецеидальную форму с размером узкой стороны, соответствующим ширине шлица. Неправильная заточка и неумелое использование отвертки приводят к тому, что лезвие обламывается на краях, деформируется и становится совершенно непригодным для работы.

Советы по работе с отверткой в равной мере относятся и к гаечным ключам. Здесь также нельзя допускать перекосов, гнездо ключа должно соответствовать размеру головки винта или болта.

Иногда при завинчивании винтов или болтов используются плоскогубцы. Правда, это допускается лишь в тех исключительных случаях, когда нет под рукой отвертки, или подходящего торцового ключа. Поскольку при монтаже радиоаппаратуры чаще всего приходится иметь дело с небольшими по размерам винтами, болтами и гайками,

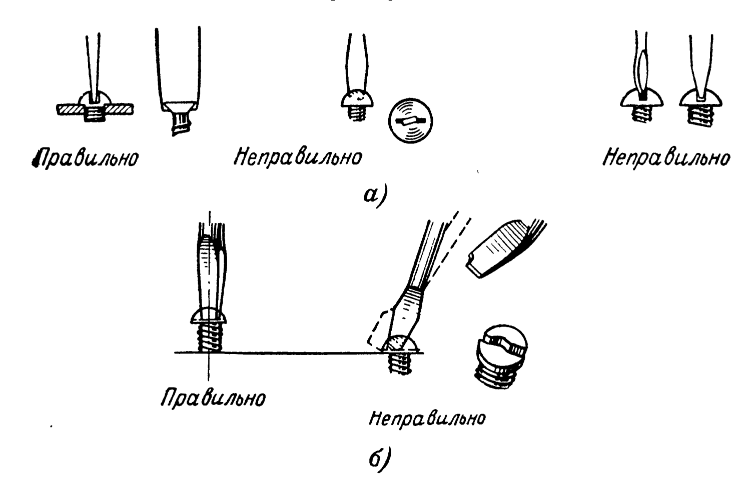


Рис. 5-13. Выбор типа отвертки и методы работы с ней.

удобнее работать с более миниатюрными длинногубцами. Ими можно навинчивать гайки на болты в труднодоступных местах; с их помощью можно также затягивать гайки и винты. Только не нужно при завинчивании прикладывать больших усилий, так как длинногубцы будут соскальзывать с головки винта, болта или гайки, частично деформируя ее.

Резюмируя, можно сказать, что при умелом аккуратном использовании любой инструмент может стать универсальным, т. е. с успехом может выполнять функции другого инструмента.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ УСТАНОВКИ ДЕТАЛЕЙ

Рассмотрим особенности монтажа некоторых радиодеталей, наиболее часто встречающихся в радиолюбительской практике. Перечень деталей, которые мы рассмотрим, далеко не полный, но он дает представление об особенностях монтажа всех основных типов деталей при сборке радиоустройства.

Трансформатор питания. Некоторые радиолюбители устанавливают трансформатор питания в квадратное гнездо, вырезаемое специально для этого в шасси (рис. 5-14, *а*). Выводы трансформатора при этом идут под шасси (рис. 5-14, *б*). Другие радиолюбители устанавливают трансформатор под шасси на специальных кронштейнах. Вывод-

ные концы при этом пропускаются через одно большое или несколько малых отверстий в шасси (рис. 5-15).

Ламповые панели. Нет почти ни одного радиоустройства, в котором можно было бы обойтись без лампы, а следовательно, и без ламповой панели. Общие этапы установки ламповых панелей заключаются в следующем (см. рис. 4-16). Сначала с помощью штампа пробивают одно большое отверстие под ламповую панель. Затем вставляют панель в отверстие и, используя панель как шаблон, намечают места, где нужно просверлить два малых отверстия под крепежные винты или болты, затем сверлят эти отверстия.

Диаметр основного отверстия зависит от типа ламповой панели. Для панелей под семиштырьковые лампы он равен 16 *мм*, для панелей под девятиштырьковые лампы — 19 *мм*, а для

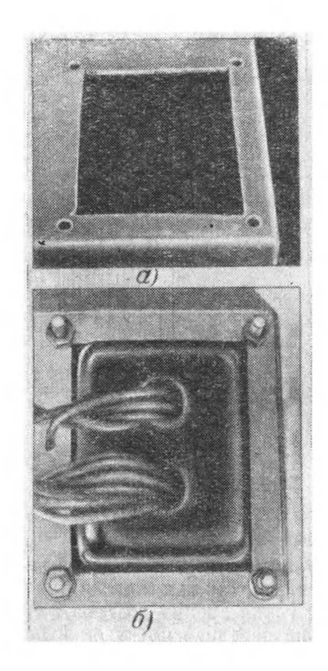


Рис. 5-14. Способ установки трансформатора питания под шасси.

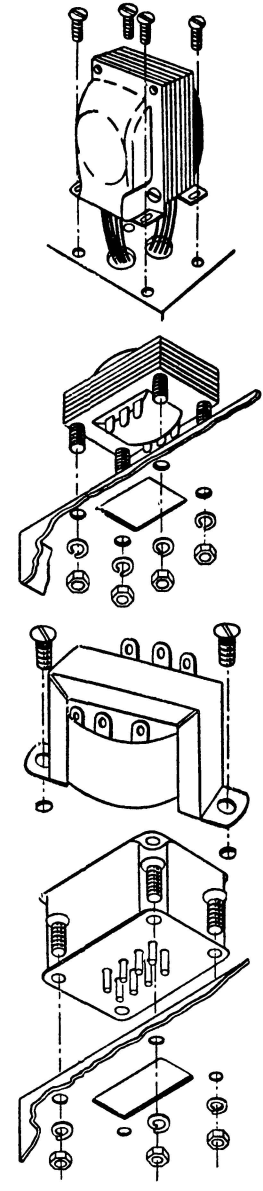


Рис. 5-15. Способы установки трансформатора питания над шасси.

различных типов октальных и других больших ламповых панелей — от 28,5 до 32,5 *мм*.

Не забудьте при монтаже установить под гайки заземляющие наконечники.

Иногда ламповые панели крепят не на самом шасси, а отдельно. При этом они могут либо с помощью проводов выноситься в сторону от основного шасси для соединения с каким-либо выносным блоком, либо устанавливаться над или под шасси на специальных изолирующих или металлических подкладках или кронштейнах.

При установке ламповых панелей не нужно забывать о том, что они должны быть определенным образом ориентированы. Это делается для того, чтобы легче, удобнее и более короткими проводами можно было соединить лампу с другими деталями. Правильное расположение панелей очень важно при монтаже высокочастотных цепей, где чрезмерное удлинение соединительных проводов и путаница в монтаже недопустимы. Об этом немного говорилось выше и будет более подробно рассказано в гл. 10.

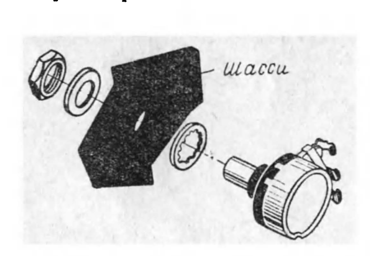


Рис. 5-16. Установка потенциометра на шасси или панели.

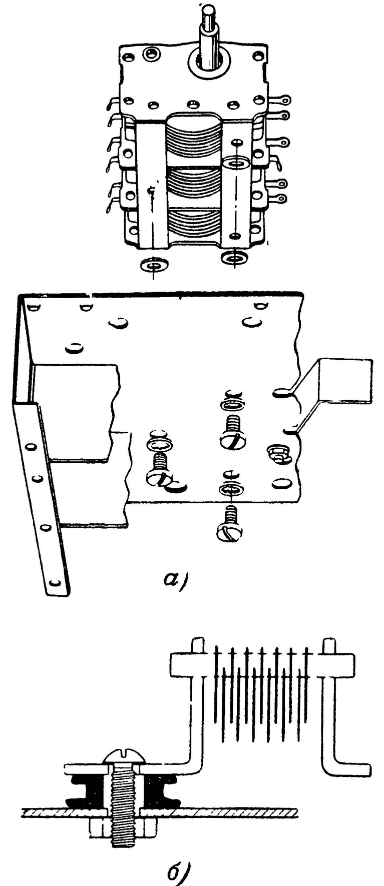


Рис. 5-17. Способы установки конденсаторов.

В некоторых случаях точная ориентация ламповых панелей не так важна, но лучше все равно ее придерживаться, так как монтаж при этом получается более красивым и удобным с точки зрения доступа к нему.

Потенциометры обычно монтируют на передней или задней вертикальной стенке шасси или на панели. Но в некоторых случаях их устанавливают и в других местах шасси.

Установка потенциометра показана на рис. 5-16. Для жесткой фиксации и предотвращения вращения потенциометра в установочном

гнезде применяют специальные пружинящие фигурные шайбы Если установить потенциометр без такой шайбы, то со временем он расшатается в своем гнезде и положение указателя ручки, крепящейся на конце стержня потенциометра, не будет соответствовать шкале, по которой производилась градуировка потенциометра вначале, сразу после его монтажа.

Иногда потенциометр крепят не непосредственно на стенке шасси, а в некоторой глубине. В этом случае лучше иметь потенциометр с длинным стержнем. В некоторых же случаях, наоборот, требуется потенциометр с коротким стержнем. Если такого не имеется под рукой, то можно укоротить стержень имеющегося потенциометра. Для этого нужно стержень движка потенциометра зажать в тисках и с помощью ножовки укоротить его до нужной длины. После этого производятся установка и калибровка потенциометра, при которой под указатель на панель или шасси наклеивается шкала.

Монтаж вращающихся переключателей производится таким же образом, что и потенциометров. При этом используют подобного же типа фигурные пружинящие шайбы, фиксирующие положение переключателя.

Конденсатор переменной емкости. Для конденсаторов переменной емкости, которые могут сильно различаться по конструкции, применяются различные способы установки. Один из них показан на рис. 5-17. Здесь конденсатор устанавливается с помощью винтов, которые проходят через отверстия в шасси и ввинчиваются в корпус конденсатора (рис. 5-17, *а*), или с помощью изолирующих прокладок (рис. 5-17, *б*).

Некоторые конденсаторы устанавливаются с помощью изолирующих проходных втулок, которые проходят через переднюю или заднюю стенку шасси, панель или через стенку шасси и панель сразу.

Корпус большинства конденсаторов переменной емкости электрически соединен с ротором через подшипники, а иногда и через специальные роторные контакты. Таким образом, при установке на шасси ротор такого конденсатора оказывается автоматически соединенным с шасси. Если требуется, чтобы ротор был изолирован от шасси, то необходимо использовать специальный тип конденсатора либо устанавливать имеющийся обычный конденсатор на проходные изоляторы. В этом случае между ротором и корпусом будет определенный перепад напряжений.

Измерительные приборы. Основное большое отверстие под сам прибор прорезают или пробивают штампом. Отверстия под крепежные винты намечают чертилкой или карандашом через отверстия во фланце прибора.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ПАЙКА И КЛЕПКА

Соединения деталей при монтаже могут быть разъемными и неразъемными. В этой главе мы расскажем о двух наиболее широко применяемых радиолюбителями способах осуществления неразъемных соединений. Мы расскажем о пайке и клепке.

ПРИМЕНЕНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ ПАЙКИ

Пайка является самым распространенным методом соединения деталей в радиотехнике.

Существуют три основные причины, вызывающие необходимость применения пайки при монтаже радиоаппаратуры.

Во-первых, прочность. Радиотехнические устройства должны обеспечивать большую надежность в процессе их эксплуатации. Для этого, очевидно, все соединения при монтаже должны быть по возможности прочнее, миниатюрнее и устойчивее к воздействиям внешней среды. При хорошей пайке соединения получаются достаточно прочными. (Это не означает, конечно, что пайка прочнее механических соединений, о которых говорилось выше.)

Во-вторых, компактность. Хорошее паяное соединение деталей имеет минимальные размеры по сравнению со всеми другими видами соединений (соединительные зажимы, скрутка проводов и др.). Это становится особенно важным, когда необходимо соединить несколько десятков деталей на малой площади. При этом приходится экономить место буквально по миллиметру.

В-третьих, при хорошей пайке медный проводник прочно соединяется с припоем. При этом внешняя поверхность проводника, как говорят, амальгамируется. Два провода, соединенные путем пайки через слой припоя, имеют почти такое же переходное сопротивление между собой, как в случае сплошного провода без прослойки припоя. Соединение проводов путем пайки в электрическом отношении более надежно, чем соединение при помощи зажимов или простой скрутки проводов, так как в двух последних случаях со временем места соединения проводов окисляются, переходное сопротивление увеличивается и контакт между ними ухудшается.

Большинство деталей, являющихся элементами монтажа радиоустройств (резисторы, конденсаторы, транзисторы, полупроводниковые диоды и др.), снабжено специальными проволочными выводами, которые служат для соединения деталей. Для удобства эти выводы делаются гибкими; они заранее лудятся или серебрятся.

Кроме пайки, при монтаже радиосхем может с успехом применяться сварка, которая обеспечивает даже более прочный и надежный электрический контакт, чем пайка. Однако сварка неудобна тем, что демонтировать детали, соединенные путем сварки, гораздо труднее, чем после пайки. Кроме того, осуществлять сварку в домашних условиях не всегда возможно. Поэтому монтаж радиоаппаратуры, особенно в любительских условиях, почти всегда осуществляется путем обычной пайки.

ПРИПОИ [1]

Припои, наиболее часто применяемые при монтаже радиоаппаратуры, представляют собой сплавы олова со свинцом. Они имеют низкие температуры плавления и называются «мягкими припоями» в отличие от существующих «твердых припоев», которые имеют более высокие температуры плавления. В качестве твердых припоев используются медь, латунь, серебро и сплавы серебра с медью и цинком.

Мягкий припой легко образует хорошее надежное соединение с медью, латунью, железом и цинком. Это свойство позволяет широко использовать его при пайке самых различных проводов и деталей.

При необходимости припаять детали к алюминиевому или стальному шасси оловянно-свинцовый припой не применяется. В этих случаях к шасси приваривают или приклепывают медные или латунные контакты, к которым затем обычной пайкой присоединяют заземляющие шины и различные детали монтажа. Иногда алюминиевое шасси серебрится. В этом случае последующий монтаж облегчается, так как мягкий припой хорошо пристает к посеребренной поверхности.

Оловянно-цинковые припои отличаются друг от друга процентным содержанием олова и свинца. Кроме того, в качестве примесей в них могут содержаться в небольших количествах медь (не более 0,15%) и сурьма (от 0,8 до 2,5%). Эти примеси добавляются в оловянно-свинцовые припои для увеличения их прочности.

При монтаже радиоаппаратуры приходится иметь дело с различными по своему характеру деталями и узлами. Одни из них требуют для осуществления качественной пайки хорошего прогрева по всей массе, другие не допускают даже незначительных нагревов и при пайке требуют, наоборот, максимального отвода тепла. Поэтому советуем каждому радиолюбителю иметь набор припоев, различающихся температурами плавления, а также набор паяльных средств, обеспечивающих пайку различных деталей и узлов.

Известно, что олово плавится при температуре 232° С, а свинец при 327° С. Таким образом, добавление к сплаву некоторой доли свинца при приготовлении припоя, казалось бы, должно несколько повысить температуру плавления сплава. Однако, как это ни странно, сплав, имеющий равное процентное содержание свинца и олова, имеет температуру плавления гораздо ниже, чем олово и свинец, взятые в отдельности в чистом виде. Температура плавления этого сплава равна 200° С.

Опытным путем подобрано процентное содержание олова и свинца (63 : 37), при котором получается самая низкая температура плавления (180° С). Замечательным свойством этого сплава является наличие фиксированной точки плавления, тогда как все остальные сплавы олова и свинца не имеют такой точки. Они начинают плавиться при температурах, которые градусов на 80 ниже той, при которой эти сплавы полностью переходят в жидкое состояние. Промежуток между этими точками на температурной шкале называется «участком плавления».

Сплав с процентным содержанием олова и свинца 63 : 37 имеет самую низкую температуру плавления и самый узкий участок плавления. Плавление этого сплава начинается практически мгновенно при достижении температуры 180° С, без всяких промежуточных фаз размягчения, которые характерны для других сплавов. Для пайки радиодеталей этот сплав наиболее пригоден, так как из-за его низкой температуры плавления снижается до минимума возможность повреждения радиодеталей за счет перегрева при пайке. Кроме того, точка плавления у этого сплава вполне определенная, так что при пайке кусок припоя будет оставаться в твердом состоянии. Плавиться будет лишь небольшая часть припоя, непосредственно нагреваемая концом паяльника. Ввиду отсутствия промежуточной размягченной фазы, расплавленная часть припоя будет легко сниматься наконечником паяльника. Припой при этом не будет растягиваться, как в других случаях.

При сборке и монтаже радиоаппаратуры могут применяться сплавы с процентным содержанием олова и свинца 40 : 60, 50 : 50 и 60 : 40. О содержании олова в данном сплаве можно судить по некоторым внешним признакам, например по хрусту, который издает припой при его изгибании. Чем больше олова содержится в сплаве, тем он сильнее хрустит.

При выборе типа припоя необходимо учитывать физические возможности данного припоя, его свойства при плавлении и экономические показатели. Если деталь не слишком чувствительна к температурным изменениям, то вполне можно пользоваться припоем с содержанием олова и свинца 40 : 60, температура плавления которого 210° С. Если же необходимо, чтобы температура сплава при пайке была поменьше, то лучше применять сплавы с соотношением 50 : 50 или 60 : 40.

Олово является относительно дорогим и дефицитным материалом, поэтому сплавы 50 : 50 и 60 : 40 обходятся на 20—30% дороже, чем сплав 40 : 60.

При пайке выводов транзисторов и полупроводниковых диодов, которые весьма чувствительны к повышению температуры, желательно иметь еще более легкоплавкие припои, чем описанные выше. Таковыми являются оловянно-свинцовые сплавы с примесями кадмия и висмута. Так, припой, содержащий 25% олова, 25% свинца и 50% висмута, имеет температуру плавления всего 105° С. В зависимости от процентного содержания олова, свинца, кадмия и висмута температура плавления сплава меняется в широких пределах.

В соответствии с принятым в СССР стандартом оловянно-свинцовые припои обозначаются буквами ПОС, что означает: «П» — припой, «О» — оловянный, «С» — свинцовый. Рядом с буквенным обозначением ставится число, которое указывает на процентное содержание олова в данном сплаве. Так, например, ПОС-30 означает, что это оловянно-свинцовый припой, содержащий 30% олова и 70% свинца.

Химический состав и температуры плавления оловянно-свинцовых мягких припоев, применяемых при сборке, монтаже и ремонте радиоаппаратуры, приведены в табл. 6-1.

Припой ПОС-18 применяют для спайки больших поверхностей из меди, латуни, свинца, оцинкованного железа и для лужения перед пайкой. Припой ПОС-30 применяют для пайки швов экранов и различных деталей из меди и латуни. Припой ПОС-40 и ПОС-50 применяют для пайки соединительных монтажных проводов и выводов радиодеталей. Припой ПОС-61 применяют для пайки выводных концов полупроводниковых триодов и диодов, стеклянных проходных изоляторов, монтажных проводов с нетеплостойкой хлорвиниловой изоляцией, тонких проводов типа литцендрат и т. п. Припой ПОС-90 применяют для пайки деталей, требующих чистоты поверхности.

Таблица 6-1

Припой	Химический состав припоя, %				Температура плавления, °C
	Олово	Сурьма	Медь	Свинец	
ПОС-18	17—18	2,0—2,5	0—0,15	Остальное	250—270
ПОС-30	29—30	1,5—2,0	0—0,14	»	240—256
ПОС-40	39—40	1,5—2,0	0,1	»	210—235
ПОС-50	50	0—0,8	0,1	»	200
ПОС-61	61	0—0,8	0—0,1	»	185
ПОС-90	89—90	0—0,15	—	»	222

Легкоплавкие припои, содержащие примеси кадмия или висмута, обозначаются буквами ПОСК и ПОСВ соответственно с добавлением числа, обозначающего процентное содержание олова в данном сплаве. Химический состав и температуры плавления легкоплавких сплавов, применяемых при монтаже радиоаппаратуры, приведены в табл. 6-2.

Припои могут применяться в различных видах. Наиболее удобным является припой в виде проволоки или трубки. Припои проволочного типа выпускаются диаметром 1,5 и 2,2 *мм*. Припой в виде тонкого провода применяется в большинстве случаев при пайке мелких деталей.

Таблица 6-2

Припой	Химический состав припоя, %				Температура плавления, °C
	Олово	Свинец	Висмут	Кадмий	
ПОСК-50	50	32	—	18	145
ПОСВ-38	33,4	33,3	33,3	—	130
ПОСВ-15	15	32	53	—	90
ПОСК-13	13	27	50	10	70

Припои трубчатого типа с заполнением внутренней полости канифольным флюсом весьма удобны, так как наложение припоя и флюса на месте пайки происходит одновременно. Это повышает производительность и облегчает пайку в труднодоступных местах. Формы сечений различных конструкций трубчатых припоев показаны на рис. 6-1.

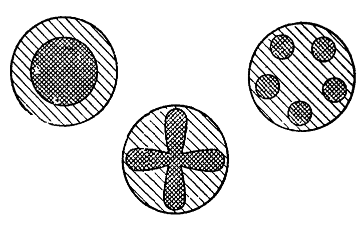


Рис. 6-1. Формы сечений различных трубчатых припоев.

Кроме перечисленных выше мягких припсев, иногда применяются так называемые твердые припои, температура плавления которых выше 550° С. Они отличаются более высокой механической прочностью по сравнению с мягкими припоями. Твердые припои обладают механической прочностью, приближающейся к прочности материала соединяемых деталей (50 *кГ/мм*^{2}) тогда как мягкие припои имеют прочность всего 5—7 *кГ/мм*^{2}.

В табл. 6-3 приведены химический состав и температуры плавления некоторых применяющихся на практике медно-цинковых и серебряных припоев.

Таблица 6-3

Припой	Химический состав припоя, %						Температура плавления, °C
	Медь	Цинк	Серебро	Свинец	Олово	Железо	
ПМЦ-52	49—53	48—44	—	0,5	1,5	0,5	880
Пср 10	53	35	10,5	0,5	0,8	—	850
Пср 25	40	33,5	25	0,5	0,7	—	780
Пср 45	30	24,2	45	0,3	0,2	—	720
Пср 72	28	—	72	0,005	—	—	780

Серебряные припои применяют для пайки контактов и электропроводов, где требуются высокая прочность соединений, чистота пайки

и высокая электропроводность. Медно-цинковые припои уступают серебряным как по прочности, так и по технологическим свойствам и применяются редко.

Кроме перечисленных припоев, в практике находят применение также специальные припои для пайки алюминия и его сплавов. Их составы и температуры плавления приведены в табл. 6-4.

Таблица 6-4

Припой	Химический состав припоя, %					Температура плавления, °С
	Цинк	Олово	Алюминий	Кадмий	Свинец	
№ 1	25	55	—	20	—	150—250
№ 2	25	40	15	20	—	270—360
№ 3	8	78	9	5	—	—
№ 4	30	35	—	—	35	300

Все припои, мягкие и твердые, приготовляются путем сплавления отдельных металлов, входящих в состав припоя. При этом первым расплавляется металл с более высокой температурой плавления, а затем к нему добавляют в требуемых весовых соотношениях металлы с более низкими температурами плавления. После расплавления всех металлов, сплав хорошо перемешивается и отливается в виде палочек, трубочек, лент или зерен.

ФЛЮСЫ

Перед пайкой соединяемые части деталей необходимо тщательно зачистить, так чтобы на них не было следов грязи, коррозии, смазки и т. п. Это нужно для того, чтобы обеспечить тесное соприкосновение жидкого припоя с металлом соединяемых деталей. Если на них будут окалина, грязь, смазка, покрытия и т. п., то припой не прилипнет к ним и соединения деталей не произойдет. Однако даже зачищенные до металлического блеска детали при нагревании при пайке до 200—400° С на воздухе быстро окисляются. Образующаяся на поверхности пленка окисла затрудняет пайку.

Для защиты от окисления как зачищенных и подготовленных к пайке металлических поверхностей деталей, так и самого припоя применяются специальные протравы и флюсы. Первые обеспечивают надежную пайку путем растворения окислов и очищения места спая, вторые — путем образования ими защитного покрова. В качестве протрав служит соляная и азотная кислота, хлористый цинк, бура и др., в качестве флюсов — канифоль, спирто-канифольная смесь и различные смолы.

Пользоваться протравами при монтаже радиоаппаратуры не рекомендуется, так как они весьма активно действуют на металлические поверхности и изоляционные покрытия, разъедая их и приводя в негодность. Наиболее удобно применять канифоль или канифольный лак в виде раствора одной части порошка канифоли в двух частях спирта. Канифоль и канифольный лак используются в качестве наполнителя трубчатых мягких припоев.

-ВЫБОР ТИПА ПАЯЛЬНИКА

При пайке место спая необходимо нагреть до определенной температуры. Для этой цели применяются паяльники, паяльные трубки, паяльные лампы, газовые горелки, ванны и печи.

Основным паяльным приспособлением при выполнении радиотехнического монтажа является паяльник. Рассмотрим основные типы паяльников.

Простейшим типом паяльника является паяльник, сердечник которого нагревается в печи или на паяльной лампе. Такие паяльники имеют массивный сердечник и применяются для пайки деталей больших размеров. Для выполнения радиомонтажа такие паяльники неудобны из-за их больших размеров и необходимости время от времени подогревать их.

При выполнении радиомонтажа используются электропаяльники, которые также отличаются многообразием типов.

Электропаяльник состоит из двух главных частей: нагревателя и рабочей части (жала). Жалу паяльника в зависимости от конфигурации места спая и других требований придается различная форма. Оно обязательно должно быть из красной меди. Это обусловлено тем, что медь наилучшим образом смачивается мягкими припоями. Если взять в качестве жала паяльника железный или стальной стержень, то они не будут смачиваться припоем. Припой будет скатываться с их поверхности в виде шариков.

Медное жало, если его предварительно зачистить, хорошо лудится оловянно-свинцовой смесью, после чего к облуженной поверхности хорошо «прилипает» расплавленный припой. При этом пайка происходит легко и надежно без всяких усилий.

Ручные паяльники бывают двух типов: стержневые и пистолетные. Все они различаются по типу нагрева, количеству выделяемого тепла и размерам жала. Степень нагрева жала определяется потребляемой от электросети мощностью. Применяемые на практике паяльники потребляют от сети от 20 до 300 *вт*.

Для электрического монтажа разнообразных радиосхем достаточно иметь паяльник мощностью около 100 *вт*. Для пайки соединений между клеммами достаточно маломощного паяльника (25—50 *вт*) с небольшим жалом, который показан на рис. 6-2, *а*. Этот паяльник компактен и удобен в работе.

Для производства более сложных работ (спайка больших кусков металла и т. п.) лучше применять мощный паяльник с массивным жалом (рис. 6-2, *б*). Форма жала зависит от характера и условий работы. Оно может быть прямым или изогнутым.

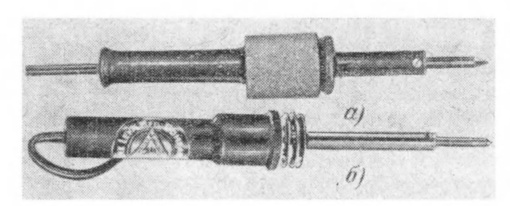
Для пайки малогабаритных деталей при плотном расположении монтажа лучше пользоваться паяльником с тонким жалом. Такое жало быстрее нагревается, рассеивает мало тепла и не может повредить окружающие детали. Паяльники с большими жалами, используемые при пайке массивных деталей, наоборот, рассеивают много тепла и хорошо прогревают деталь. При пайке в условиях плотного монтажа применять такие паяльники нельзя. Поэтому желательно иметь под рукой набор паяльников либо иметь универсальный паяльник со сменными жалами и регулятором потребляемой мощности.

При работе наконечник жала паяльника загрязняется, теплоотдача его ухудшается и пайка затрудняется или становится вовсе невозможной. Поэтому необходимо периодически очищать наконечник паяльника.

Это делается с помощью наждачной бумаги или напильника с мелкой насечкой.

Часто при длительной работе с паяльником жало его сильно перегревается; при этом нарушается смачивание его припоем. Припой, как говорят, «горит» на конце жала, и паять таким паяльником невозможно. Для восстановления работоспособности паяльника необходимо регулировать в процессе работы температуру его жала так, чтобы она не превышала некоторого критического значения. Это можно делать с помощью специальной подставки для паяльника. Питание к паяльнику нужно подводить не непосредственно от электросети, как обычно, а через регулятор, смонтированный в этой подставке.

Когда паяльник в перерывах между пайкой кладется на подставку, его температура оценивается с помощью чувствительного щупа. Если она превышает допустимую, то содержащаяся в конструкции щупа биметаллическая пластина размыкает цепь питания паяльника и он начинает постепенно остывать. Как только температура в районе щупа упадет ниже определенного допустимого предела, цепь питания паяльника снова замкнется и он начнет нагреваться. Подобным же образом можно регулировать температуру жала паяльника, вмонтировав термочувствительный элемент непосредственно в паяльник. Место установки этого элемента, а также его регулировка могут быть произведены самим радиолюбителем путем постепенного подбора так, чтобы обеспечивался наилучший режим нагрева.



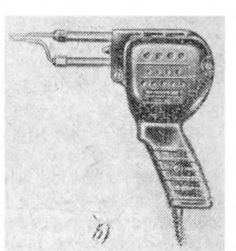


Рис. 6-2. Паяльники.

Как радиолюбители, так и профессиональные монтажники часто используют так называемые паяльники пистолетного типа (рис. 6-2, *в*). Их конструкция позволяет доводить температуру жала до требуемого рабочего режима практически мгновенно (за 1—3 *сек*). Включение и выключение паяльника производятся с помощью кнопки, вмонтированной в его ручку. Включение необходимо производить в момент соприкосновения жала с местом пайки.

Действие пистолетного паяльника основано на том, что через жало, представляющее собой виток провода, согнутого под острым углом, пропускается сильный ток. За счет этого тока жало быстро нагревается. Провод жала служит нагрузкой понижающего трансформатора, вмонтированного в ручку паяльника, так как в этом случае не происходит ненужного нагрева остальной массы паяльника и вся мощность тратится только на нагрев жала. Кроме того, масса жала пистолетного паяльника гораздо меньше, чем обыкновенного, и для ее прогрева требуется меньше времени. Мощность, потребляемая паяльником такого типа, составляет от 100 до 300 *вт*.

Применяются также комбинированные паяльники, которые, как уже говорилось, могут работать в нескольких режимах с различным потреблением электроэнергии. Такие паяльники оборудованы специальным переключателем, который включает нагревательный элемент. Эти универсальные паяльники используются при пайке как малогабаритных, так и массивных деталей. Они позволяют оперативно осуществлять любой монтаж. Но у них есть недостаток, заключающийся в том, что их размеры гораздо больше, чем обычных паяльников. Это создает некоторые неудобства в работе.

Для пайки и лужения концов проводов радиолюбителям часто приходится применять специальную ванночку. Устройство и принцип ее работы следующие. Обычная металлическая ванночка типа стаканчика зажимается между двумя графитовыми стержнями, к которым подводится напряжение от понижающего трансформатора. В ванночку помещают припой с таким расчетом, чтобы при расплавлении в него можно было погрузить спаиваемые концы проводов.

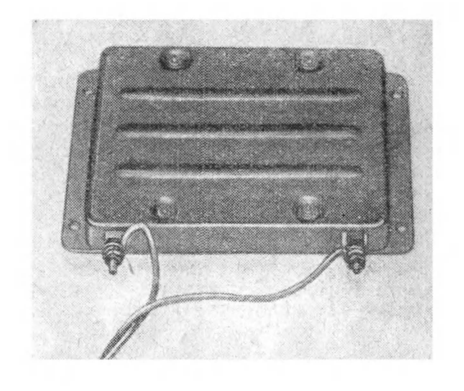


Рис. 6-3. Нагревательная печь для пайки массивных деталей.

Вначале, как обычно, концы проводов, подлежащих пайке, зачищают от изоляции и покрытий и скручивают. Затем на месте пайки с помощью кисточки наносят слой канифольного лака и погружают концы проводов в расплавленный припой; через некоторое время их вынимают из припоя. После остывания лишние концы откусывают кусачками или обрезают монтажным ножом. Этот способ пайки очень удобен. Качество пайки получается высоким и более надежным, чем при пайке обычными стержневыми или пистолетными паяльниками.

При пайке массивных деталей, которые требуют тщательного прогрева всей поверхности, используют, как уже говорилось, обычные стержневые паяльники с толстыми жалами. Но даже они иногда оказываются недостаточно эффективными. В этих случаях пользуются более мощными источниками тепла типа различных паяльных ламп, газовых горелок, электрических печек и др.

На рис. 6-3 показана электрическая нагревательная печь для пайки массивных деталей. Нагреватель ее выполнен в виде обычного плоского нагревательного элемента, изолированного от металлического корпуса с помощью керамических изоляционных прокладок. На нижней нерабочей поверхности имеется, кроме того, теплоизолирующая асбестовая прокладка или прокладка из стекловаты, смешанной с асбестовой крошкой. Она предохраняет от бесполезного рассеивания тепла и обеспечивает концентрацию его на верхней рабочей плоскости. Перед пайкой деталь устанавливают на эту печь, прогревают и тут же производят лужение участков детали, предназначенных для последующей пайки.

Рассмотренные типы паяльников и приспособлений для пайки помогут начинающим радиолюбителям составить себе ясное представле-

ние о разновидностях этого инструмента, а также о его назначении и возможностях. Каждый радиолюбитель может выбрать наиболее подходящий для него тип паяльника и с учетом особенностей данного монтажа и условий работы усовершенствовать и переделать его на свой лад. От того, как успешно вам удастся справиться с этим делом, зависят и качество выполненного вами монтажа, и последующая работа собранного радиоустройства. Паяльное хозяйство является, если можно так выразиться, лицом радиомонтажника.

ЛУЖЕНИЕ

В любом случае, пользуетесь ли вы паяльником стержневого типа или пистолетным паяльником, одним из главных условий получения хорошей пайки является то, чтобы наконечник паяльника был тщательно заточен, очищен и облужен.

Лужение, как уже отмечалось выше, заключается в том, что поверхность металла, в данном случае жала паяльника, покрывается тонким слоем олова. Если вы попытаетесь произвести пайку паяльником, наконечник которого загрязнен или покрыт коррозией либо достаточно хорошо зачищен, но при этом не облужен, то у вас ничего из этого не получится. После таких «опытов» становится особенно понятно, для чего обязательно необходимо производить лужение наконечников паяльников.

Загрязнение и коррозия являются своего рода теплоизолирующим слоем, который не позволяет осуществить эффективную передачу тепла от сердечника паяльника к припою и месту пайки.

При перегреве необлуженного наконечника, даже если он тщательно зачищен, припой моментально плавится и скатывается с его рабочей поверхности в виде шариков. Удержать припой на поверхности наконечника в этом случае так же невозможно, как и в случае загрязнения. Только после предварительного лужения припой легко прилипает к наконечнику паяльника и пайка проходит легко. Во время пайки необходимо периодически облуживать наконечник, проводя им по поверхности припоя и очищая его предварительно с помощью флюса. Если сердечник сильно загрязнится, то его очищают наждачной бумагой или напильником.

Процедура лужения показана на рис. 6-4 и заключается в следующем. Если поверхность наконечника паяльника неровная, то сначала нужно в холодном состоянии напильником заточить его так, чтобы заровнять имеющиеся углубления (рис. 6-4, *а*). После заточки напильником необходимо обработать наконечник наждачной бумагой или войлоком, так как после напильника поверхность может быть неровной.

Если затачивать жало напильником не нужно, то зачистку наконечника можно произвести наждачной бумагой или войлоком (рис. 6-4, *б*) до получения блестящей полированной поверхности характерного для меди красноватого цвета.

Зачистив наконечник жала до блеска, включите паяльник в электросеть, возьмите кусок припоя и прогрейте его концом жала (рис. 6-4, *в*). Как только припой начнет плавиться, начинайте быстро тереть наконечником о расплавленную массу. При этом поверхность наконечника сразу покрывается тонкой пленкой припоя. Припой желательно иметь в виде комбинации оловянно-свинцового сплава и канифольного флюса, который облегчает процесс лужения.

Возьмите кусок ветоши и очистите конец сердечника от излишков припоя и грязи (рис. 6-4, *г*). После этого сердечник облужен

и готов к работе. Если после всех этих операций сердечник получился все-таки недостаточно хорошо облуженным, необходимо повторить всю эту процедуру. Только при этом после выполнения операций, показанных на рис. 6-4, *а* и *б*, нагретый наконечник погрузите во флюс, для того чтобы надежнее очистить его. И только после этого переходите к операциям, показанным на рис. 6-4, *в* и *г*.

Лужение наконечников паяльников пистолетного типа несколько проще, так как они не требуют заточки напильником. Если наконечник

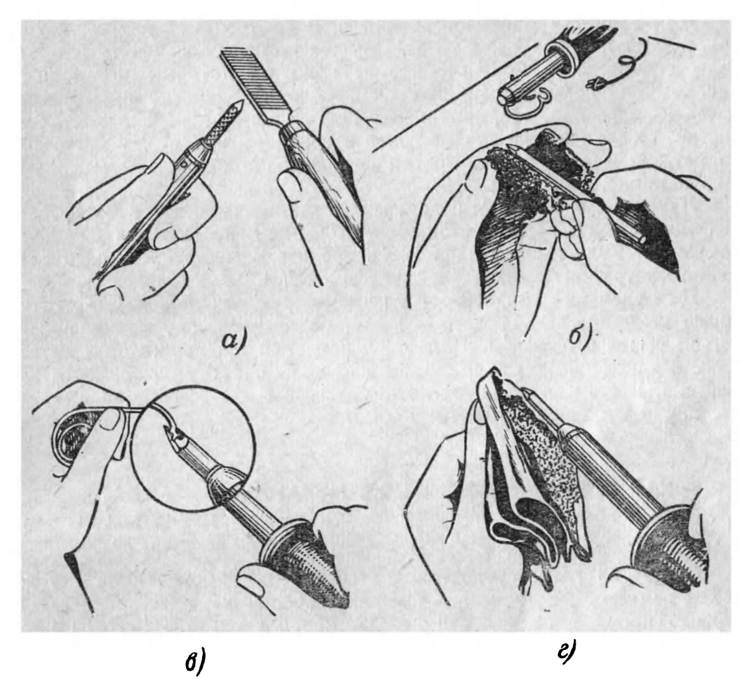


Рис. 6-4. Этапы лужения жала паяльника.

такого паяльника сильно загрязнился, то его лучше всего заменить. Это делается просто. Берут кусок медной проволоки, сгибают его и сплющивают в месте сгиба. Затем получившийся наконечник вставляют в гнезда вместо старого наконечника, и паяльник готов к работе. Если этот наконечник в процессе работы загрязнится, то можно зачистить его с помощью наждачной бумаги, а затем производить лужение по операциям, показанным на рис. 6-4, *в* и *г*.

Чистота конца жала и мест пайки имеет основное значение при пайке радиодеталей. Как уже упоминалось в этой главе, припой должен образовывать плотный контакт между соединяемыми деталями. Если поверхность соединяемых деталей окажется загрязненной, то надежного контакта может не получиться. Припой не будет «прилипать» к загрязненным металлическим отводам деталей. В результате между соединяемыми проводниками образуется прослойка, имеющая определенное

омическое сопротивление. Поэтому очистка проводников от грязи, смазки и т. п. и лужение их перед пайкой необходимы.

Как правило, соединительные концы или выводы радиодеталей, а также многие монтажные провода лудятся непосредственно при их изготовлении. Но, поскольку припой со временем окисляется, даже луженые провода и соединительные концы радиодеталей желательно перед пайкой зачистить. Особенно тщательно необходимо зачищать концы нелуженого монтажного провода, который обычно покрывается сверху изолирующим лаковым покрытием.

Для зачистки проводов можно пользоваться монтажным ножом, бокорезами и плоскогубцами. Но лучше всего использовать для этой цели специальные приспособления, одно из которых показано на рис. 2-24. С помощью таких приспособлений зачистка производится более качественно, без нарушения целостности провода в местах зачистки. После очистки следов грязи и изоляции и зачистки места спая до металлического блеска провод считается подготовленным к лужению и пайке.

Луженые, серебреные и другие металлизированные провода необходимо зачищать весьма осторожно, чтобы не повредить тонкой пленки покрытия. Если вы при зачистке повредите металлизированный слой, то это затруднит пайку.

Для удаления грязи и остатков изолирующих лаковых покрытий, кроме механических средств — ножа, бокореза и др., можно пользоваться обычным флюсом. Для этого нагретый проводник опускают во флюс и наконечником паяльника производят очистку поверхности проводника. В этом случае очистка получается более эффективной. После нее пайка производится легче и быстрее.

КАК СДЕЛАТЬ СОЕДИНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИ БОЛЕЕ ПРОЧНЫМ

Одним из главных достоинств соединения проводников методом пайки является механическая прочность. Однако это соединение будет гораздо прочнее, если перед пайкой провода скрутить. Тогда после пайки будут обеспечены более надежный механический и электрический контакты. Переходное сопротивление такой связи будет гораздо меньше, чем при пайке просто соприкасающихся проводников.

Способы механического соединения провода с монтажным лепестком показаны на рис. 6-5. Если аппаратура рассчитана на долгий срок службы и в ней не предусматриваются различные демонтажи, то применяют способ соединения, показанный на рис. 6-5, *а*. Такое соединение более надежно и устойчиво по отношению к внешним ударам, вибрации и др. Однако у радиолюбителей укоренилась практика изготовления временной аппаратуры, которая рассчитана на небольшой срок службы. Затем следуют, как правило, демонтажи отдельных узлов схемы, их доработка и перепайка. При этом часть деталей выпаивается из схемы, часть заменяется другими. Наличие прочных контактов со скруткой выводов в этом случае приводит к излишней затрате времени и некачественному демонтажу схемы. Поэтому в радиолюбительской практике удобно осуществлять соединение способом, показанным на рис. 6-5, *б*. Конец провода слегка загибается вокруг ушка лепестка и запаивается. Для демонтажа достаточно нагреть место спая и с помощью пинцета снять провод.

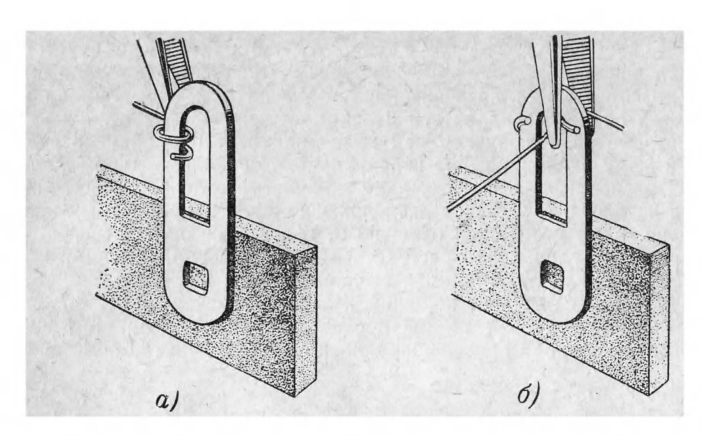


Рис. 6-5. Способы крепления провода к монтажному лепестку перед пайкой.

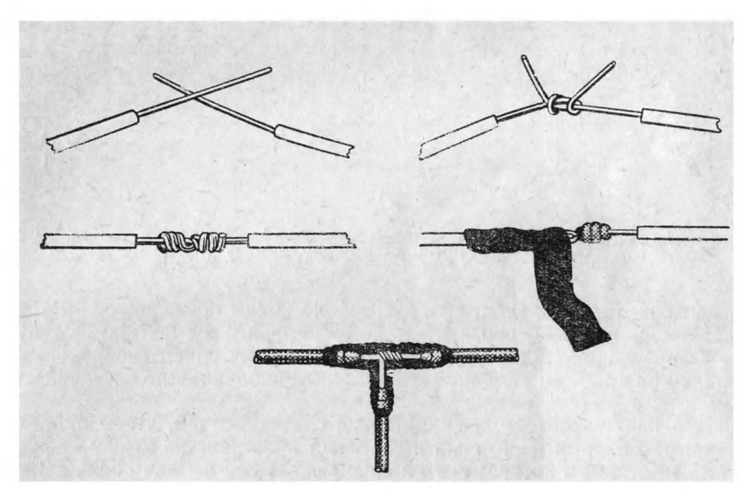


Рис. 6-6. Как скручивать концы проводов перед пайкой.

Иногда требуется соединить два провода, например при соединении двух резисторов, резистора с конденсатором и т. п. Для этого проводники скручиваются, как показано на рис. 6-6, и затем место скрутки тщательно пропаивается. Место спайки закрывают изолирующим кембриком или заматывают изоляционной лентой.

ПРИМЕНЕНИЕ МЯГКОГО ПРИПОЯ

Теперь, когда мы ознакомились с основными подготовительными операциями, мы вполне можем перейти непосредственно к разбору процесса пайки.

При пайке паяльник берут в одну руку, а припой — в другую. Приложив наконечник паяльника к месту спая, как показано на рис. 6-7, *а*, прогревают последнее, затем подносят к нему припой и ждут, когда он начнет плавиться и закрывать место спайки.

Некоторые радиолюбители при пайке подносят припой непосредственно к жалу паяльника. Это неправильно. Необходимо, чтобы жало и припой располагались относительно запаиваемого лепестка так, как показано на рис. 6-7, *б*. Такое расположение жала и припоя наиболее эффективно. Если место спая очищено от грязи и не очень перегрето, то припой будет равномерно растекаться по месту спая, заполняя все пространство между лепестками и соединяемыми с ним проводниками и образуя после остывания хороший надежный контакт (рис. 6-7, *в*).

В некоторых случаях тонкие провода сваривают. Для этого неочищенные от изоляции провода скручивают и конец скрутки помещают

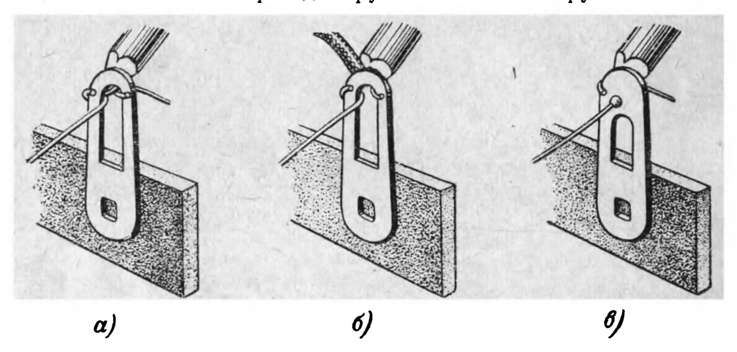


Рис. 6-7. Пайка провода к монтажному лепестку.

в пламя спиртовой горелки. При нагревании концы проводников быстро сплавляются в шарик, образуя между собой надежный контакт. Пайку тонких проводников (диаметром до 0,1 *мм*) осуществляют специальным паяльником с тонким стержнем или обычным паяльником с насадкой из медной проволоки диаметром 2—3 *мм*.

При пайке необходимо внимательно следить за тем, чтобы припой равномерно покрыл место спая и заполнил пространство между проводом и лепестком, к которому его припаивают. Если на место спая нанесено недостаточное количество припоя, то контакт получится ненадежным, а соединение провода с клеммой — механически непрочным. Не рекомендуется также при пайке наносить на место спая слишком большое количество припоя, поскольку в этом случае припой «садится» на место спая в виде большой капли, внутри которой может образоваться воздушный зазор, не обеспечивающий надежного контакта. Проконтролировать качество пайки при этом практически очень трудно. Примеры хороших и плохих паек приведены на рис. 6-8.

Количество припоя, образующегося на месте спая при пайке, зависит как от размеров наконечника паяльника, так и от его температуры и времени прогрева места спая. Оптимальным временем пайки одного контакта обычно принято считать 2—3 *сек*. В него, конечно, не входит время прогрева наконечника паяльника. Время пайки может меняться в зависимости от размеров и свойств места спая. Для более массивных деталей это время безусловно больше, чем для миниатюрных контактов,

так как теплоотвод у первых гораздо больше, а следовательно, и время прогрева также больше.

Как правило, качество пайки, его переходное омическое сопротивление и механическая прочность определяются тем, насколько хорошо прогрето место спая. Как уже говорилось, многие припои характеризуются областью температур, при которых они находятся в размягченном пластическом состоянии, не переходя при этом полностью в жидкое состояние. Если пайку производить при температурах, соответствующих этому пластическому состоянию припоя, то припой не будет надежно «прилипать» к месту спая, образуя, как принято говорить в этих случаях, «холодное соединение» припоя с контактом. При этом не происходит плотного прилегания припоя к контакту, за счет чего электрическое сопротивление соединения получается выше допустимого, а механическая прочность — недостаточной.

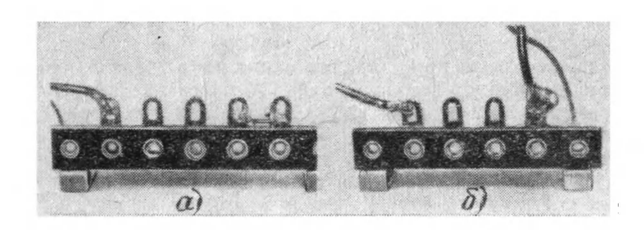


Рис. 6-8. Примеры хорошего и плохого соединений при пайке.

а — хорошо пропаянные соединения; *б* — плохие соединения (слева — пайка, получившаяся в результате недостаточного прогрева припоя — «холодная» пайка, справа — пайка с излишним слоем припоя).

«Холодное соединение», или «холодную пайку», легко можно отличить по внешнему виду. Эта пайка имеет шероховатую поверхность серого цвета в противоположность хорошей пайке, которая обычно имеет гладкую блестящую поверхность. Наличие «холодных» участков пайки в радиомонтаже свидетельствует о небрежности пайки. Для того чтобы избежать этих дефектов в работе, необходимо при пайке выполнять следующие условия: сердечник паяльника при работе должен быть хорошо заточен, очищен и облужен; припой должен быть хорошо прогрет до температуры плавления; место спая также должно быть хорошо прогрето. Если все эти условия соблюдены, то дефекты при пайке будут исключены.

Не нужно чрезмерно перегревать припой, так как он при этом крошится и восстановить его нормальное состояние не удается даже с помощью флюсов. В таких случаях необходимо нагреть место спая до плавления припоя и, не убирая паяльника, суконной тряпочкой или кусочком войлока удалить остатки припоя. После полной очистки места спая от остатков припоя нужно заново начать пайку, следя за тем, чтобы больше не допустить перегрева припоя.

Особо остановимся на пайке тонких проводников типа литцендрат. Перед тем как начать паять такой провод, необходимо произвести лужение. Для этого вначале с концов провода снимают волокнистую изоляцию и отдельные жилки провода, покрытые эмалью, осторожно

скручивают, накаляют на пламени горелки докрасна и быстро опускают в спирт. При этом часть оставшейся после обжига эмали растворяется в спирте. Очищенные концы затем залуживают и паяют. Зачистку и пайку провода типа литцендрат на выводных концах катушек необходимо производить очень осторожно, имея в виду, что обрыв жилок провода значительно повлияет на добротность катушки.

ПАЙКА АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ [1]

Для пайки алюминия и его сплавов используются паяльники с жалами из мягкой стали. Предварительная подготовка стальных паяльников напоминает ту, которая была выше описана для паяльников, предназначенных для работы с мягкими припоями. Стальные паяльники нагреваются до 500—550° С. Флюс для пайки наносят только на место, предназначенное непосредственно для пайки, так как он сильно воздействует на алюминий, вызывая его коррозию.

В качестве флюсов при пайке алюминия и его сплавов применяются следующие составы: для мягкой пайки — смесь из 3 весовых частей деревянного масла, 2 весовых частей канифоли и 1 весовой части хлористого цинка; для твердой пайки — смесь из 6,5% хлористого натрия, 4% сернокислого натрия, 23,5% хлористого лития, 55% хлористого калия и 11% двойной хлористой соли аммония и натрия.

После подготовки детали нагретым паяльником набирают припой, составленный, например, из 71% олова, 23% цинка и 6% алюминия, подогревают деталь паяльником до 300—310° С, т. е. до начала выделения белых паров из алюминиевого флюса, и затем медленно двигают паяльником по месту спайки. Если припоя окажется недостаточно, то в процессе пайки его добавляют. Флюс в процессе пайки добавлять не рекомендуется, так как это может вызвать спекание его и загрязнение шлаком. По окончании пайки место спайки промывают чистой водой и протирают сухой тряпкой.

КЛЕПКА [1]

Наряду с пайкой при сборке и монтаже радиоаппаратуры широко применяют другой вид осуществления неразъемных соединений — клепку.

При изготовлении шасси и ящиков для радиоаппаратуры чаще всего применяют холодную клепку. В любительских условиях наиболее приемлемым видом клепки является ручная. При этом используют следующий инструмент: слесарный молоток, поддержку под головку заклепки, натяжку для уплотнения и прижима склепываемых деталей и обжимку для оформления замыкающей головки заклепки. Удобнее всего пользоваться молотком с плоским бойком. Поддержка, которая подкладывается при клепке снизу, служит как бы наковальней. Чтобы она была устойчивой и не отскакивала при ударах молотком по головке заклепки, поддержка должна быть достаточно массивной. Вес ее должен быть в 5—6 раз больше, чем вес молотка. Приемы клепки показаны на рис. 6-9.

Формы головок заклепок бывают нескольких видов: полукруглые, потайные, конические и др. Наиболее часто при изготовлении шасси применяются заклепки с полукруглой головкой.

Цилиндрический стержень заклепки имеет на одном конце головку, которая называется закладочной головкой, а на другом — небольшую конусность, которая служит для того, чтобы удобно было вставлять заклепку в отверстие, которое предварительно делается в соединяемых

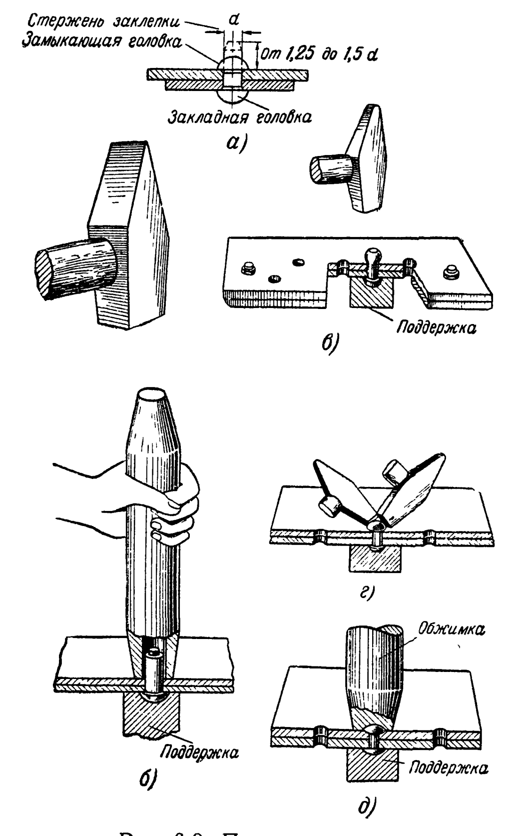


Рис. 6-9. Приемы клепки.

а — клепаное соединение; *б* — обжатие металла; *в* и *г* — образование замыкающей головки; *д* — обжатие замыкающей головки.

листах металла или другого материала. При заклепывании на свободном конусном конце образуется вторая головка, которая называется замыкающей. Длина заклепки выбирается такой, чтобы ее хватило как для соединения листов, так и для образования замыкающей головки, обеспечивающей достаточную прочность соединения.

Клепку осуществляют в тех случаях, если расстояние между головками заклепки после окончания клепки получается не более 5 диаметров стержня заклепки. Если это расстояние получается бо́льшим, прочность клепаного соединения получается недостаточной. В этом случае

рекомендуется применять болтовое или винтовое соединение или, если позволяют условия, сварку.

Заклепочное соединение можно делать однорядным и двухрядным. Это определяется конкретными условиями и требуемой прочностью соединения.

При выполнении клепки необходимо соблюдать все меры предосторожности, о которых говорилось при разборе процессов сверления и пробивания шасси. Необходимо пользоваться подкладками, кернерами и другими приспособлениями, которые позволяют достичь лучшего качества выполнения соединения.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ
ПРОВОДА

ПОЧЕМУ ПРОВОДА ДЕЛАЮТ ИЗ МЕДИ?

Соединение деталей схемы с помощью электрических проводов является основной операцией при монтаже радиооборудования. Для того чтобы соединение получилось надежным и эффективным, необходимо знать свойства всех существующих проводников и уметь выбрать для данного конкретного случая наиболее подходящий. Проводники могут различаться как по материалу, так и по конструкции.

Одни проводники хорошо проводят электричество, другие — хуже. Лучше всего проводят электричество платина, золото, серебро, затем идут медь, хром, никель, алюминий и т. д. Большинство проводов делают из меди. Наряду с достаточно хорошими проводящими свойствами она имеет также относительно невысокую стоимость. Кроме того, этот материал ковкий, хорошо обрабатывается, легко лудится и серебрится.

Прежде чем переходить непосредственно к описанию применяемых в радиотехнике проводов и кабелей, рассмотрим их некоторые электрические характеристики.

СОПРОТИВЛЕНИЕ

Сопротивление по аналогии с механическими представлениями можно охарактеризовать как трение, которое испытывает электрический ток при протекании по проводнику. Соответственно напряжение — это электрическое давление, а ток — скорость течения. Сопротивление мешает течению электрических зарядов, т. е. затрудняет протекание тока по проводнику. Чем больше сопротивление проводника, тем большее трение испытывают заряды при их движении по проводнику и, следовательно, тем меньше скорость движения этих зарядов, т. е. тем меньше величина тока.

Как трение в трубке уменьшает давление потока жидкости, так и наличие электрического тока в проводнике вызывает перепад напряжений на определенном пути тока. Сопротивление проводника связано с током, протекающим по нему, и перепадом напряжений на участке

определенной длины законом Ома:

$$I = \frac{E}{R}; \quad E = IR; \quad R = \frac{E}{I},$$

где R — сопротивление проводника, выраженное в омах;
I — ток в проводнике, выраженный в амперах;
E — напряжение, выраженное в вольтах.

Так, например, если напряжение, равное 10 *в*, падает на сопротивлении, через которое протекает ток 5 *а*, то сопротивление такого проводника равно:

$$R = \frac{10}{5} = 2 \text{ ом}.$$

Увеличение сечения провода понижает его сопротивление при неизменной длине. Энергия, затраченная источником на движение тока по проводнику, выделяется в нем в виде тепла. Если сопротивление проводника подобрано таким образом, что по нему протекает большой ток, то на нем выделяется большее количество тепла. В ряде случаев это приводит к сильному нагреву проводника, что пагубно сказывается как на самом проводнике, так и на близлежащих деталях.

Диаметр соединительных монтажных проводов выбирается с таким расчетом, чтобы он был достаточен для предотвращения излишнего перегрева и падения напряжения на нем. Сопротивление провода данного сечения прямо пропорционально его длине. Это значит, что сопротивления двух проводов одинакового сечения относятся, как их длины.

УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Удельное сопротивление — постоянная величина, которая характеризует относительное сопротивление материала при определенной температуре. Оно может быть использовано, как будет показано ниже, для определения сопротивления куска металла любой формы, если известны его размеры.

Мы уже говорили, что сопротивление прямо пропорционально длине проводника (провод большей длины имеет большее сопротивление) и обратно пропорционально его диаметру (чем больше диаметр провода, тем меньше его сопротивление). Математически это выражается формулой

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где R — сопротивление образца, *ом*;
l — длина проводника, *м*;
S — площадь поперечного сечения, перпендикулярного направлению протекания тока, *мм*^{2};
ρ — удельное сопротивление материала, *ом·мм*^{2}*/м*.

Рассмотрим такой пример: пусть, мы имеем кусок провода квадратного сечения длиной 2 500 *мм* со стороной сечения 2,5 *мм*. Вычислим сопротивление этого куска, если известно, что материал имеет удельное сопротивление 0,0175 *ом·мм*^{2}*/м* (медь).

Во-первых, в соответствии с размерностью удельного сопротивления выразим длину провода в метрах и вычислим площадь поперечного сечения. Получим соответственно:

$$l = 2{,}5 \text{ м} \quad \text{и} \quad S = 6{,}25 \text{ мм}^2.$$

Во-вторых, подставив эти значения в формулу для сопротивления, получим:

$$R = 0{,}0175 \cdot \frac{2{,}5}{6{,}25} = 0{,}007 \text{ ом.}$$

Для ознакомления ниже мы приводим удельные сопротивления некоторых применяемых в радиотехнике металлов и сплавов.

Материал	Удельное сопрогивление при t=20° С, ом·мм²/см	Материал	Удельное сопротивление при t = 20° С, ом·мм²/м
Алюминий	0,029	Медь	0,0175
Вольфрам	0,0051	Никель	0,1
Железо	0,13	Нихром	1,1
Константан	0,5	Платина	0,1
Латунь	0,075	Ртуть	0,958
Манганин	0,42	Серебро	0,0165

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сопротивление любого проводника изменяется при изменении окружающей температуры. При повышении температуры сопротивление проводника, как правило, повышается. Почти для всех хороших проводников, включая медь, изменение сопротивления при изменении температуры составляет примерно 0,4% на градус в пределах обычной температурной шкалы. Этот коэффициент (0,4%) называется температурным коэффициентом сопротивления (TKR).

Некоторые материалы мало увеличивают свое сопротивление при нагреве. Примерами могут служить такие сплавы, как манганин, TKR которого примерно в 500 раз меньше, чем у меди. Малый температурный коэффициент имеют также сплавы константан и никелин. Ниже мы приводим значения TKR для некоторых металлов и сплавов.

Материал	TKR	Материал	TKR
Медь	0,004	Нихром	0,00015
Алюминий	0,004	Никелин	0,00002
Сталь	0,006	Манганин	0,000008
Серебро	0,0036	Константан	0,000004

Материалы с малым температурным коэффициентом используют для изготовления высокоточных резисторов, устанавливаемых в устройствах, где требуется высокая стабильность параметров при колебаниях окружающей температуры в сравнительно широких пределах.

У некоторых материалов, таких, как, например, углерод, повышение температуры вызывает отрицательный эффект, т. е. сопротивление их при этом понижается. Углерод вместе с другими материалами используют для изготовления резисторов, имеющих отрицательный TKR.

Зная температурный коэффициент материала проводника и измерив окружающую температуру, можно определить его сопротивление по формуле

$$R_t = R_{20}\,[1 + \alpha\,(t - 20)],$$

где R_{20} — сопротивление при температуре 20° С;
R_t — сопротивление при температуре t ° С;
α — TKR данного материала.

ЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Все, что было сказано в этой главе о сопротивлении, применимо к случаю постоянного тока. Если по проводнику пустить переменный ток, то его сопротивление возрастает с возрастанием частоты тока. Причем обнаружено, что на высокой частоте плотность тока на поверхности проводника значительно превышает плотность тока внутри него. В результате сечение проводника используется неполностью. Это явление получило название «поверхностного эффекта».

Глубина материала вблизи его поверхности, на которой еще имеется заметный ток, называется глубиной поверхностного слоя. Поверхностный эффект быстро растет с возрастанием частоты тока. Так, на частотах ниже 10 *кгц* поверхностный слой толще 0,1 *см*, а на частоте 100 *Мгц* он тоньше 0,001 *см*.

Сопротивление провода на частоте 100 *Мгц* может быть во много раз больше, чем сопротивление того же провода постоянному току. Даже сравнительно невысокие частоты вызывают увеличение сопротивления проводников. Это увеличение составляет примерно 20% сопротивления данного проводника на постоянном токе.

Поверхностный эффект особенно важен в связи с применением провода в катушках индуктивности. Увеличение сопротивления провода с ростом частоты значительно уменьшает добротность катушки и сказывается на работе всего колебательного контура, где стоит эта катушка. Об этом специально пойдет речь в гл. 12.

ВЫБОР ТИПА ПРОВОДА

Провода, применяемые в радиотехнике, по своему назначению разделяются на следующие типы:

монтажные провода, используемые для соединения отдельных элементов и деталей схемы внутри блока;

обмоточные провода, используемые для намотки катушек индуктивности и обмоток трансформаторов;

провода и контуры для радиоустановок;

радиочастотные кабели и передающие линии (будут подробно рассмотрены в гл. 8).

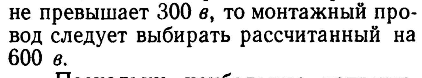
При выборе типа провода необходимо учитывать площадь его поперечного сечения, свойства изоляции — величину пробивного напряжения и теплостойкость, простоту и легкость проводки, которые зависят от толщины и гибкости провода и свойств изоляции, окружающую температуру и влажность и др.

МОНТАЖНЫЕ ПРОВОДА

В настоящее время имеются сотни типов монтажных проводов. Однако при монтаже можно вполне обойтись двумя-тремя типами, отличающимися друг от друга диаметрами. Если вы монтируете обычный радиоприбор, то при монтаже достаточно использовать провода с диа-

метрами приблизительно 1,2 и 0,5 *мм*. Первый используйте для прокладки накальных цепей, а второй — для прокладки остальных: анодных, сеточных и др. Для прокладки накальных цепей всегда выбирайте провод потолще, так как ток цепи накала всегда больше тока анодной цепи.

При выборе типа провода для сильноточных цепей необходимо учитывать падение напряжения на единицу длины провода и нагрев провода при прохождении по нему тока. Для многих накальных цепей (которые являются сильноточными в приемнике) в качестве допустимого можно взять падение напряжения не более 0,1 *в*, если напряжение накала равно 6,3 *в*.

При выборе типа провода с целью соблюдения безопасности лучше немного перестраховаться. Это значит, что если рабочее напряжение 
не превышает 300 *в*, то монтажный провод следует выбирать рассчитанный на 600 *в*.

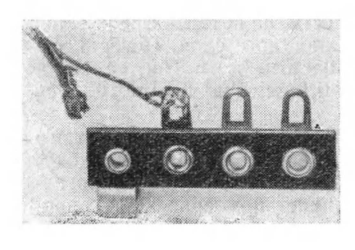


Рис. 7-1. Внешний вид места пайки при чрезмерном перегреве провода с обычной нетеплостойкой внешней изоляцией.

Поскольку наибольшее напряжение в радиосхемах имеют анодные цепи, очевидно, при выборе типа провода определяющими являются именно эти цепи. Для других цепей можно было бы использовать провод, рассчитанный на более низкие пробивные напряжения, но практически более удобно пользоваться при монтаже каким-либо одним проводом. Поэтому берут провод, который был выбран, исходя из максимального напряжения в анодной цепи данной схемы.

Исключение составляют случаи, когда используется чрезмерно высокое напряжение порядка нескольких киловольт. Для таких цепей используется провод специальной конструкции. Примером может служить высоковольтный провод в резиновой изоляции, который применяется для подачи высокого напряжения (до 10 000 *в*) на трубку телевизора. Безусловно, использовать такой провод во всех остальных цепях нецелесообразно.

Весьма важно знать температурные характеристики изоляции провода, так как многие изолирующие материалы при температуре +80° С начинают размягчаться и плавиться, что весьма неудобно при пайке, где приходится иметь дело с гораздо более высокими температурами. При пайке изоляция плавится, обгорает и имеет очень неприглядный внешний вид (рис. 7-1). Для того чтобы этого не было, рекомендуется применять провода, у которых изоляция имеет температуру плавления выше 100—150° С.

Для постоянных жестких соединений, где не требуется часто сгибать провод, вполне можно использовать сплошной провод. Вообще со сплошным проводом работать гораздо легче. Он лучше зачищается, лудится и паяется. При использовании многожильного монтажного провода возникает масса неудобств: при зачистке изоляции на конце легко можно перерезать часть нитей, такой провод гораздо труднее продеть в ушко соединительного лепестка или наконечника.

Однако при работе со сплошным проводом возникает ряд других неприятностей. При очистке изоляции ножом или бокорезами на проводнике получаются зарубки или насечки, которые могут явиться при-

чиной обрыва провода в процессе эксплуатации данного устройства.

Многожильные провода, которые свиваются из большого числа тонких нитей, более надежны в этом смысле. Нарушение целостности нескольких жилок при изгибах провода не приведет к его поломке, как в случае сплошного провода.

Для исключения возможности поломок сплошных проводов при зачистке изоляции применяются специальные приспособления, обжигающие изоляцию в нужном месте.

Монтажные провода [1] могут быть с полихлорвиниловой, резиновой или волокнистой изоляцией.

Провода с волокнистой изоляцией применяются для работы в нормальных по влажности условиях, когда исключена возможность конденсации влаги в аппарате и не предусмотрены резкие климатические изменения. Провода в полиэтиленовой, полихлорвиниловой и резиновой изоляции могут эксплуатироваться в условиях повышенной влажности с резкими колебаниями температуры.

В последнее время появились монтажные провода с изоляцией из кремнийорганической резины. Эти провода изготавливаются сечением 0,75—95 *мм*^{2} и предназначены для работы при напряжениях до 380 *в* и температурах до 180° С.

Очень хорошими электроизоляционными свойствами и высокой термостойкостью обладает изоляция из фторопластовой ленты со стекловолокнистой оплеткой, пропитанной кремнийорганическим лаком. Провода с такой изоляцией могут эксплуатироваться при температурах до 250° С.

Как уже говорилось, по конструкции токопроводящей жилы монтажные провода могут быть однопроволочными негибкими и многопроволочными гибкими, у которых токопроводящие жилы свиты из большого числа тонких медных проволок.

Обозначения марок монтажных проводов содержат зашифрованные данные о назначении, конструкции, изоляции и диаметре провода в изоляции. Так, МГШД1,2 означает, что это монтажный многопроволочный гибкий провод диаметром 1,2 *мм*, изолированный двойной обмоткой из искусственного шелка.

ОБМОТОЧНЫЕ ПРОВОДА [1]

Медные круглые обмоточные провода предназначены для изготовления обмоток трансформаторов, дросселей, реле, высокочастотных катушек резонансных контуров и т. п Эти провода могут иметь эмалевое покрытие, покрытие из волокнистых материалов и комбинированную изоляцию из эмали и волокнистых материалов.

Эмалевая изоляция обладает лучшими электроизоляционными свойствами по сравнению с волокнистой изоляцией. Эмалированные провода на масляных лаках марок ПЭЛ и ПЭЛУ применяются для изготовления обмоток различного рода катушек, однако если при изготовлении обмотки или в процессе работы катушки испытывают повышенные механические воздействия, то эти провода дополнительно защищают обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, капроновым волокном или натуральным шелком (марок ПЭЛБО, ПЭЛШКО, ПЭЛШО и др.). Термостойкость проводов перечисленных марок, включая ПЭЛ и ПЭЛУ, порядка 100—105° С, причем обмотка из капронового волокна выше по термостойкости, чем из натурального шелка и хлопчатобумажной пряжи.

Однако, несмотря на высокую механическую прочность, провода с волокнистой изоляцией имеют значительно больший наружный диаметр, чем эмалированные. Поэтому созданы высокопрочные эмалированные провода с эмалями на лаке (ПЭЛР) и полиуретановых лаках (ПЭВТЛ). Провода марки ПЭВТЛ обладая повышенной теплостойкостью, выдерживают длительный нагрев до 130° С и кратковременный до 150—180° С. По сравнению с другими высокопрочными эмалированными проводами они обладают бо́льшим сопротивлением изоляции и меньшими диэлектрическими потерями.

Наиболее термостойки провода марки ПЭТВ. Они выдерживают нагрев до 155° С и кратковременный нагрев до 200° С.

Как и в случае монтажных проводов, марка обмоточного провода состоит из зашифрованного названия изоляции и числа, обозначающего диаметр провода без изоляции. Так, например, ПЭЛШКД 0,47 означает, что это **П**ровод **Э**малированный **Л**акостойкий диаметром 0,47 *мм* с обмоткой из **Ш**елка **К**апрон в **Д**ва слоя.

Провод типа литцендрат. Для борьбы с поверхностным эффектом на низких частотах изготавливают специальные обмоточные провода. Одним из них является провод типа литцендрат. Это провод, изготовленный путем скручивания в жгут нескольких проводников малого диаметра. Каждый из этих составляющих проводников изолирован от остальных. Этот жгут скручивается таким образом, что положение каждого проводника в жгуте меняется по его длине. Каждый проводник идет снаружи, проходит через центр жгута и выходит снова наружу. Когда данный проводник находится вблизи центра жгута, протекающий по нему ток весьма мал. Когда же этот проводник выходит на наружную поверхность жгута, ток, текущий по нему, возрастает. Поскольку каждая нить меняет свое положение по сечению жгута, действие поверхностного эффекта выравнивается.

В СССР провода типа литцендрат изготавливают двух марок: ЛЭШО и ЛЭШД с диаметрами жил 0,05; 0,07; 0,1 и 0,2 *мм*. Количество жил в проводе может быть от 7 до 1 100. Так, например, ЛЭШО $0{,}1 \times 35$ означает, что это **Л**итцендрат с **Э**малированными жилами, изолированными **Ш**елковой обмоткой в **О**дин слой. Диаметр одной жилы 0,1 *мм*, количество жил 35.

Провод типа литцендрат хорошо работает на частотах от 50 *кгц* до 2 *Мгц*. На более высоких частотах емкость между отдельными жилами провода становится заметной и эффективность провода резко снижается. Поэтому в диапазонах УКВ применяются специальной формы провода, например коаксиальные, которые своей конструкцией учитывают недостатки сплошных проводников в связи с влиянием поверхностного эффекта. Подробнее об этом будет рассказано в гл. 8.

Обмоточные провода высокого сопротивления (манганин, константан, нихром) предназначены для изготовления проволочных резисторов и шунтов.

Константановые провода, изолированные эмалями на масляных лаках (марки ПЭК — **П**ровод **Э**малевый **К**онстантановый), изготавливаются из твердой проволоки диаметром 0,03—0,09 *мм*, из мягкой проволоки диаметром более 0,15 *мм* и из твердой и мягкой проволоки диаметром 0,1—0,15 *мм*.

Манганиновые провода с эмалями на масляных лаках изготавливаются из твердой (марки ПЭМТ — **П**ровод **Э**малевый **М**анганиновый из **Т**вердой проволоки) и мягкой (марки ПЭММ) проволоки.

Нихромовые провода, изолированные масляной эмалью, выпускаются под маркой ПЭНХ.

Термостойкость всех проводов (кроме нихромовых марки ПЭНХ) такая же, как у медных проводов с соответствующей изоляцией.

Манганиновые провода в зависимости от величины TKR выпускаются двух классов: класса А, у которого TKR в пределах от $+3 \cdot 10^{-5}$ до $-4 \cdot 10^{-5}$ 1/° С, и класса Б, с TKR, равным $\pm 6 \cdot 10^{-5}$ 1/° С.

ПРОВОДА И ШНУРЫ ДЛЯ РАДИОУСТАНОВОК [1]

В эту группу входят голые медные и бронзовые антенные провода, различные изолированные провода и шнуры для соединения частей радиоаппаратуры и звукозаписывающих установок, присоединения звукоснимателей, микрофонов, громкоговорителей, электропитания и т. п.

Провода и шнуры бывают одножильными и многожильными (причем диаметры и количества жил различны), гибкими и жесткими. Как и во всех предыдущих случаях, марка провода или шнура содержит зашифрованное название провода, его назначение, конструкцию и диаметр.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

КАБЕЛИ И РАЗЪЕМЫ

Для упрощения монтажа и обеспечения компактности соединения часто удобно ряд изолированных проводников, проходящих по одному участку к общей точке, объединять в отдельные группы. Такие группы проводов обычно называют кабелями.

Провода, входящие в состав кабеля, могут быть изготовлены как с общим внешним покрытием, так и без него. Часто в кабеле отдельные провода или группы проводов имеют экранирующие покрытия в виде металлической оплетки.

Для внутреннего монтажа блоков применяются провода, связанные в так называемые жгуты, а для соединения отдельных блоков используются готовые кабели. Кроме того, специальные типы кабелей (например, коаксиальные) используются для непосредственной передачи высокочастотной энергии. В этой главе мы рассмотрим различные типы кабелей, используемых в радиоэлектронном оборудовании, а также устройства, позволяющие легко и быстро соединять и разъединять кабели, называемые разъемами.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЖГУТОВ

Отдельные заготовленные для монтажа провода часто связывают в компактную группу. Такие группы проводов называются жгутами. Жгуты особенно удобны в массовом производстве, так как они заранее, перед монтажом, могут быть изготовлены в больших количествах. Кроме того, применение жгутов уменьшает количество монтажных ошибок. Проверенные жгуты укладывают на шасси и соединяют с соответствующими точками схемы.

Хотя радиолюбители не занимаются массовым производством, но, возможно, им захочется применить жгуты, чтобы сделать свои устройства более компактными и аккуратными. Кроме того, применение

жгутов полезно при изготовлении какого-нибудь сложного устройства, состоящего из нескольких частей.

Следует отметить, что применение жгутов эффективно не для всех цепей. Например, жгуты нельзя применять в высокочастотных цепях, где требуются прямые и короткие соединения и не допускается влияние проводов друг на друга. Это касается также неэкранированных цепей звуковых частот с большим усилением. Однако в состав жгута могут входить самые различные цепи, например, такие, как анодные, сеточные, накальные и т. п. Высокочастотные же цепи могут входить в состав жгутов только в виде коаксиального кабеля.

После принятия решения о использовании жгутов необходимо первым делом составить монтажную схему устройства или части устройства, где будут применены жгуты (рис. 8-1). Подробно о монтажных схемах будет рассказано в гл. 9.

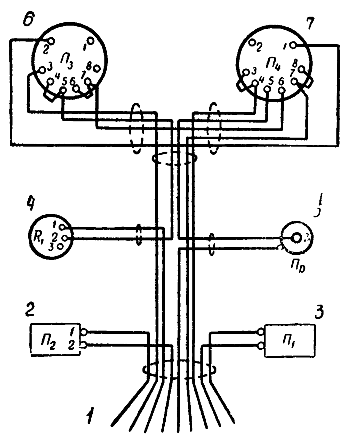


Рис. 8-1. Монтажная схема жгута.

Для того чтобы отличать провода друг от друга, применяют различную расцветку изоляции. Цвет, выбранный для каждого провода, указывается на монтажной схеме. Экранированные провода также должны быть подобраны с различными цветами оплетки или изоляции, находящейся под оплеткой. Для этой цели также используют небольшие кусочки клейкой ленты с нанесенными цифрами. Эти кусочки ленты прикрепляют к концам соответствующих проводов.

Следующим этапом работы является вбивание гвоздей на панели согласно монтажной схеме. Гвозди следует располагать в начальной и конечной точках каждого провода, в каждом углу кабельного перегиба, а также в местах ответвления проводов. Затем провода укладываются по запланированному пути, как показано на рис. 8-2. Концы проводов прочно закрепляют на гвоздях. После того как провода точно уложены на панели согласно схеме, необходимо приступить к вязке проводов.

В качестве обмотки можно использовать изоляционную или клейкую ленту. Для этой цели можно также применить кембрик или хлорвиниловую трубку. Вязка проводов должна производиться в узловых точках (начало, конец, ответвление), до того как жгут снимается с панели. Вязка остальной части жгута производится после снятия жгута. Операция полной вязки жгутов описывается ниже в разделе «Вязка жгутов».

После окончания обмотки или вязки проводов готовый жгут снимают с панели. Затем после тщательной проверки отрезают концы проводов с таким расчетом, чтобы оставшейся части было достаточно для надежного соединения с соответствующими зажимами. Это предотвращает излишнее натяжение проводов, а сам монтаж приобретает лучший вид. После этого готовый жгут припаивают к зажимам деталей, как показано на рис. 8-2. Заметьте, как провода, подходящие к переключателю, аккуратно припаяны к его клеммам.

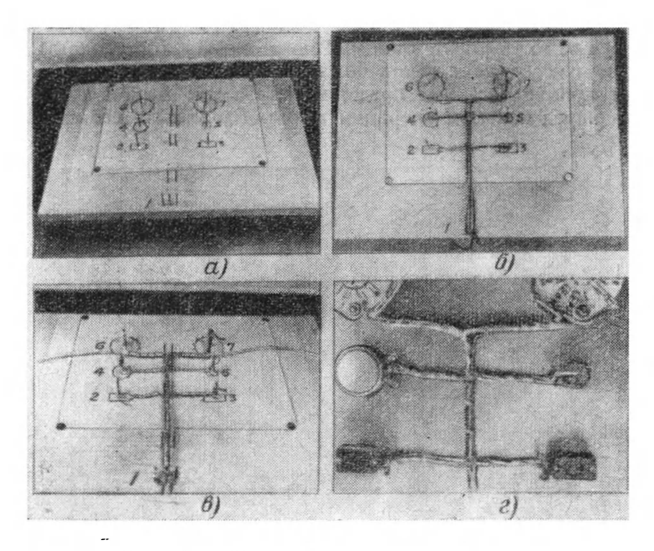


Рис. 8-2. Порядок изготовления жгута.

а — размещение гвоздей на панели согласно монтажной схеме; *б* — провода, разложенные на панели в виде жгута; *в* — связанный жгут; *г* — жгут в готовой цепи.

ВЯЗКА ЖГУТОВ

Описанный выше способ изготовления жгутов с помощью панели не является единственным. Вы можете, например, связывать группы проводов после того, как они смонтированы в готовые цепи. Или вы можете соединить все провода группы у одного конца, а затем связывать их по мере прокладки до другого конца. Есть еще другой способ, при котором провода связывают отдельно вне панели, перед тем как поместить их на шасси. После этого производятся их осмотр и подгонка на месте по мере выполнения монтажных работ. Мы рассмотрим здесь вязку жгутов с помощью последнего способа. Однако подобная операция может быть применена и при других (указанных выше) способах изготовления жгутов.

Кроме панели и гвоздей, о которых говорилось выше, для связки проводов необходимо иметь шнур или тесьму. Удобнее применять специальные виды шнуров и тесьмы, пропитанные воском. Такие шнуры и тесьма хорошо противостоят воздействию влаги, плесени и образованию грибков.

Тесьма дает возможность сделать работу более прочно, чем в случае применения шнура, но зато шнур применяется при более сложных, ответственных работах.

Операцию вязки проводов необходимо начинать с самого длинного прямого участка жгута. Перед началом вязки отрежьте шнур достаточной длины. Длина отрезаемого шнура, естественно, зависит от толщины жгута, а также от вида применяемой вязки.

При обычной вязке требуется примерно 5 *см* шнура на 2,5 *см* длины жгута, имеющего диаметр 3 *мм*. Например, предположим, что вы хо-

тите связать жгут диаметром 6 *мм* и длиной 10 *см*. Так как 6 *мм* в 2 раза больше 3 *мм*, то умножьте 5 *см* на 2, а затем на 4 (по длине). Следовательно, вам необходимо иметь 40 *см* шнура.

Этот пример дает вам представление о том, какой кусок шнура отрезать перед началом операции вязки. Вы можете его сделать по-

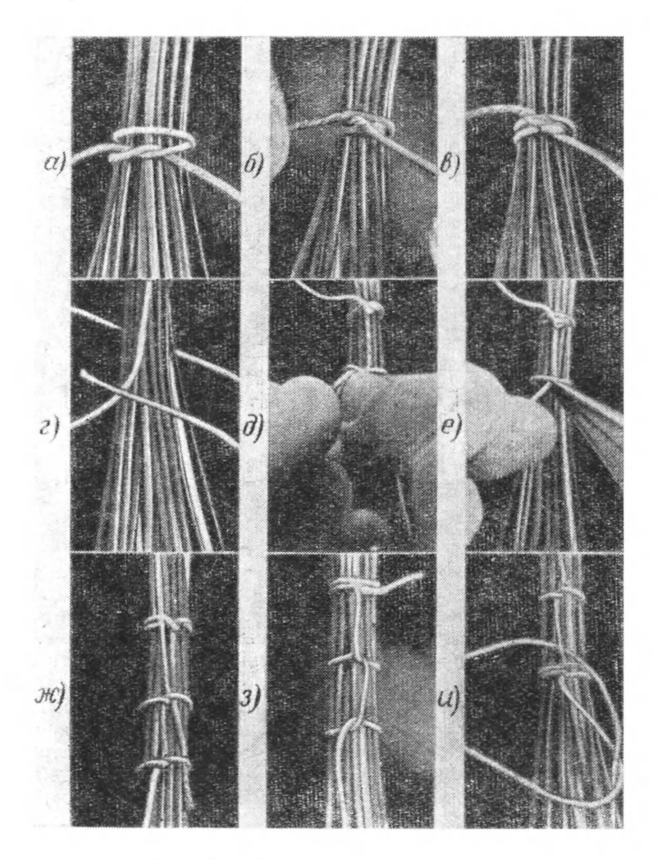


Рис. 8-3. Порядок вязки жгута.

длиннее, чтобы имелся запас на всякий случай; но если шнур взять очень длинным, то с ним будет трудно работать.

Теперь мы готовы для операции вязки проводов. Отдельные ступени этой операции показаны на рис. 8-3. Какой рукой выполнять отдельные элементы этой работы, зависит от личных удобств. Вначале завяжите узел вокруг пучка проводов. При этом один конец шнура обмотайте дважды вокруг проводов и затем завяжите двойным или тройным узлом (рис. 8-3, *а*, *б* и *в*). Оставьте короткий конец шнура длиной 3—5 *см*. Этот конец можно отрезать или спрятать позднее под швами. Затем сдвиньтесь вниз по жгуту и сделайте на нем так называемый

«бегущий шов», как показано на рис. 8-3, *г*. Рекомендуемое расстояние между начальным узлом и первой петлей бегущего шва (а также между последующими петлями бегущего шва) должно быть примерно вдвое больше диаметра жгута.

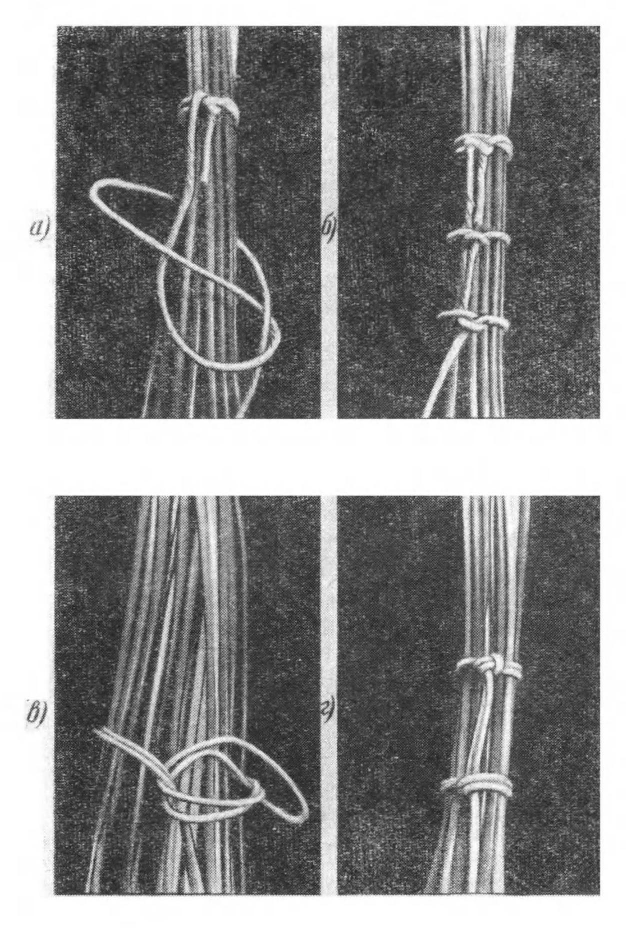


Рис. 8-4. Закрепляющий шов (*а* и *б*) и вязка сдвоенным шнуром (*в* и *г*).

Добивайтесь аккуратной вязки, располагая для этого петли швов на одинаковом расстоянии друг от друга. Затягивание бегущего шва можно производить либо рукой, либо с помощью плоскогубцев, как показано на рис. 8-3, *д* и *е*. Приобретя опыт, вы научитесь так делать бегущие швы, что они будут после затяжки сохранять параллельность относительно проводов жгута. На рис. 8-3, *ж* изображены начальный

узел и два бегущих шва. Из этого рисунка также видно, как оставшийся кончик шнура заложен под первыми швами.

Заметьте, что при правильно сделанной вязке (рис. 8-3, *ж*) шов выходит из-под предыдущей петли, охватывающей пучок проводов. В этом случае достигается хорошая прочность вязки. На рис. 8-3, *з* для сравнения показан неправильный способ вязки. При таком способе вязка получается очень ненадежной, так как швы могут ослабнуть.

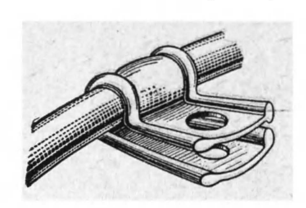


Рис. 8-5. Зажим для закрепления кабеля.

Последний шов делается двойным (один над другим) и затем шнур закрепляется узлом на конце жгута (рис. 8-3, *и*). Узлов можно сделать несколько, но не меньше двух. После этого отрежьте оставшийся шнур поближе к узлу.

Вы сможете сделать жгут прочнее, если будете производить вязку двойными швами. Способ наложения швов в этом случае будет таким же, за исключением того, что один шов размещается над другим.

Кроме бегущего шва, для вязки жгутов применяют и другие виды швов, например так называемый «закрепляющий шов», показанный на рис. 8-4, *а* и *б*. При таком способе вязки затрачивается немного больше шнура, но зато швы получаются прочнее.

Иногда применяют вязку сдвоенным шнуром (рис. 8-4, *в* и *г*). При применении сдвоенного шнура операцию вязки можно начать не с узла, а с петли, как показано на рис. 8-4 *в*. Такая начальная петля и бегущий шов из сдвоенного шнура показаны на рис. 8-4, *г*.

Если при вязке жгута вы встретите ответвление (например, Т-образного типа), то довяжите сначала до конца основную часть жгута и только затем приступайте к вязке ответвленной части жгута.

Иногда вы можете сделать жгут простым вложением проводов в изоляционную трубку. Если же у жгута нет ответвлений, то для этой цели можно использовать кусок готового многожильного кабеля. Подобные жгуты достаточно прочны, но если требуется более высокая прочность, то рекомендуется применять кабельные зажимы (рис. 8-5).

Рис. 8-6. Примеры многожильных кабелей.

ГОТОВЫЕ МНОГОЖИЛЬНЫЕ КАБЕЛИ

Имеется много типов готовых кабелей, которые отличаются друг от друга количеством проводников (жил), размером, изоляцией и др. Примеры многожильных кабелей приведены на рис. 8-6. Многожильные кабели широко используются в самых различных цепях радиотехнических устройств.

Для удобства обслуживания кабели часто делаются с разъемными соединениями на концах (различные виды разъемных соединений

будут описаны ниже в этой главе). Если же требуется постоянное подсоединение кабеля, то это весьма удобно сделать с помощью устройства, показанного на рис. 8-7.

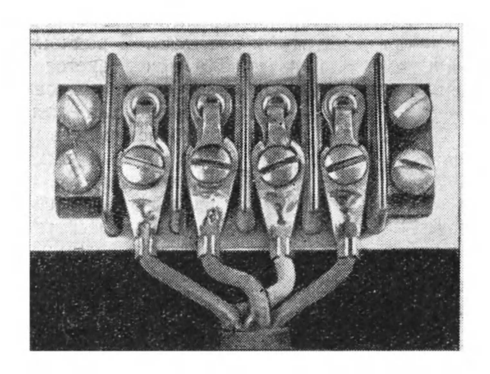


Рис. 8-7. Один из способов постоянного или полупостоянного подсоединения кабеля к схеме.

Места подсоединения кабеля следует закрепить каким-либо способом. В случае тонкого кабеля это делается, например, с помощью узла, завязываемого на кабеле около отверстия в шасси, через которое прошел этот кабель, а для закрепления более толстых и жестких жгутов используются специальные зажимы.

КОАКСИАЛЬНЫЕ КАБЕЛИ И ФИДЕРНЫЕ ЛИНИИ

Коаксиальные кабели — специальные виды кабелей, предназначенные для передачи с наименьшими потерями высокочастотной энергии. Надо отметить, что обычные кабели не используются на высоких частотах по причине очень больших потерь. Внешний вид коаксиального кабеля показан на рис. 8-8.

С электрической точки зрения коаксиальный кабель состоит из трех главных частей: внутреннего провода, диэлектрического материала и внешнего провода, или экрана. Внутренний провод (обычно медный) иногда для уменьшения потерь покрывают тонким слоем серебра. Он может быть либо одножильным, либо многожильным.



Рис. 8-8. Коаксиальный кабель.

В качестве диэлектрика в коаксиальных кабелях чаще всего применяется полиэтилен. Это гибкий пластик, имеющий относительно низкие диэлектрические потери на больших частотах. Кроме того, этот материал обладает высоким пробивным напряжением. В некоторых

типах коаксиальных кабелей в качестве диэлектрического материала используется тефлон. Экран, действующий как внешний провод, делается из медной оплетки. Эта оплетка может иметь серебряное покрытие.

Коаксиальные кабели широко применяются в радиотехническом оборудовании, а также в антенных системах. В радиоприемниках, например, отрезок коаксиального кабеля используется между вводом антенны и антенной катушкой. В передатчиках коаксиальный кабель применяется для передачи высокочастотной энергии от катушки связи к выходному гнезду. Кроме того, с помощью коаксиальных кабелей осуществляются высокочастотные соединения между различными усилительными каскадами.

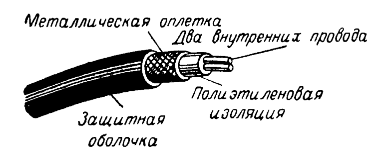


Рис. 8-9. Двухпроводная фидерная линия.

Коаксиальные кабели имеют еще одно важное достоинство: они не излучают и не принимают электромагнитную энергию, так как их внешний провод является экраном. В антенных системах коаксиальные кабели часто используются для подключения передатчика либо приемника к антенне. Их относительно низкие потери (по сравнению с обычными кабелями) и постоянство волнового сопротивления (о нем будет сказано ниже) обеспечивают достаточную передачу высокочастотной энергии от антенны к радиоаппарату или, наоборот, от радиоаппарата к антенне.

Важнейшей характеристикой коаксиального кабеля является волновое сопротивление. Оно определяется размерами кабеля и качеством

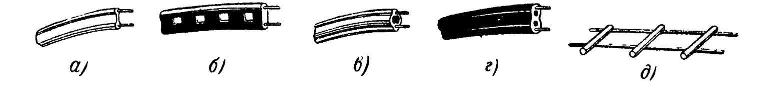


Рис. 8-10. Виды фидерных линий.

а — неэкранированная плоская фидерная линия; *б* — компостерная плоская фидерная линия; *в* — неэкранированная цилиндрическая фидерная линия; *г* — бочкообразная фидерная линия; *д* — открытая фидерная линия.

используемого диэлектрика. Волновое сопротивление подбирается таким образом, чтобы потери энергии в кабеле были наименьшими, а также чтобы коаксиальный кабель не работал в режиме так называемых стоячих волн. Более подробно с этим вопросом можно познакомиться в специальной литературе.

Большинство применяемых коаксиальных кабелей имеет волновое сопротивление 72 или 50 *ом*. В антенных системах для правильного режима работы необходимо, чтобы волновое сопротивление подключаемого коаксиального кабеля было равно входному сопротивлению антенны. В противном случае следует применять специальные переходные согласующие устройства.

Читатель может заинтересоваться: в чем разница между коаксиальным кабелем и обычным экранированным проводом, о котором упоминалось в гл. 7. Наиболее важная разница заключается в том, что диэлектрический материал в коаксиальном кабеле выбирается в основ-

ном с точки зрения низких потерь, в то время как в экранированном проводе изолирующий материал, расположенный между проводом и оплеткой, предназначается для получения высоких пробивных напряжений. Важным фактором является и то, что поперечное сечение коаксиального кабеля тщательно контролируется с целью поддержания постоянства волнового сопротивления вдоль длины кабеля.

Для канализации высокочастотной энергии к антенне и от антенны часто используются двухпроводниковые фидерные линии (рис. 8-9). На рис. 8-10 показаны пять наиболее распространенных типов фидерных линий. В каждом типе этих фидерных линий провода находятся на строго одинаковом расстоянии друг от друга. В первых четырех типах провода покрыты пластическим изолирующим материалом (полиэтилен), а в пятом типе одинаковое расстояние между проводами обеспечивается с помощью стерженьков, находящихся между ними. Первые четыре типа имеют волновое сопротивление 300, а пятый 450 *ом.*

РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Отдельные провода и кабели часто подсоединяются к радиотехнической аппаратуре с помощью разъемных соединений. Существует очень много типов разъемных соединений; ниже мы рассмотрим наиболее распространенные типы.

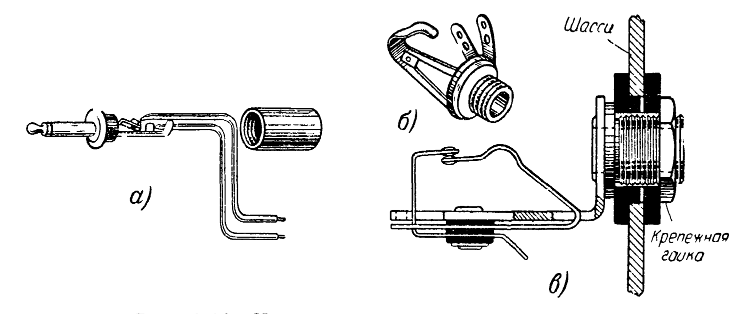


Рис. 8-11. Конструкция телефонного разъема.

а — штекер; *б* — гнездо; *в* — гнездо, установленное на шасси.

Телефонные штекеры и гнезда (рис. 8-11) являются одним из наиболее распространенных типов разъемных соединений. В настоящее время такие разъемные соединения широко применяются в самой различной радиоаппаратуре. Обратите внимание на конструкцию гнезда (рис. 8-11, *в*), благодаря которой происходит короткое замыкание соответствующего участка цепи при вынимании штепселя из гнезда.

Необходимо помнить, что корпус гнезда должен быть изолирован от шасси, если требуется, чтобы оба провода, подходящие к гнезду, были незаземленными. Изоляция корпуса гнезда от шасси производится с помощью плоской фибровой прокладки, фланец которой входит в монтажное отверстие на шасси, как показано на рис. 8-12.

Часто для головных телефонов, громкоговорителей и микрофонов специально применяется очень гибкий микротелефонный провод. Этот провод состоит из пучка тонких переплетающихся проводничков, по-

крытых матерчатой изоляцией. Микротелефонный провод очень долговечен и удобен в эксплуатации, но его трудно вмонтировать в телефонный наконечник. Трудность в монтировании микротелефонного провода в телефонный наконечник заключается в том, что отдельные проводнички, отходящие от общего пучка, затрудняют прохождение остальных про-

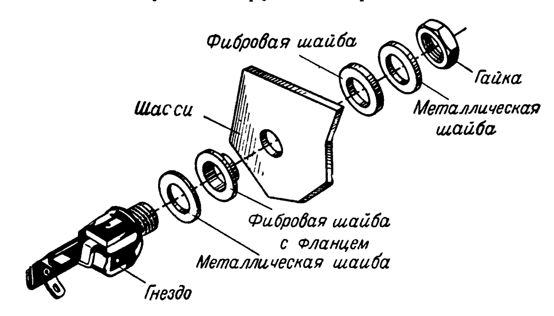


Рис. 8-12. Метод установки телефонного гнезда, изолированного от шасси.

водничков в отверстие телефонного наконечника. На рис. 8-13 показано, как соединить телефонный наконечник с микротелефонным проводом.

Вначале тщательно очистите бритвой или другим острым предметом внешнее матерчатое покрытие с конца микротелефонного провода

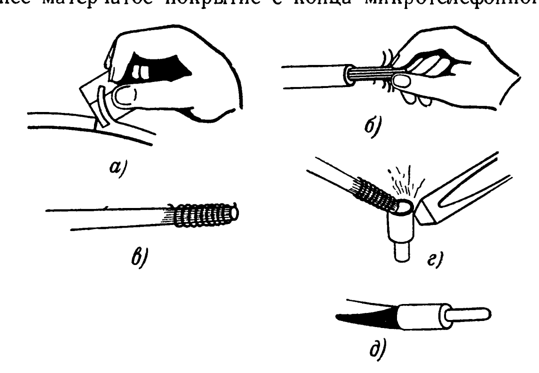


Рис. 8-13. Как соединить телефонный наконечник с микротелефонным проводом.

(рис. 8-13, *а*). Затем зажмите оголенные провода пальцами и обкрутите их зачищенной медной проволокой (рис. 8-13, *б* и *в*). Проволока, выбранная для этой цели, должна быть тонкой, иначе конец микротелефонного провода не войдет в телефонный наконечник. После этого разогрейте телефонный наконечник и заполните его припоем. Теперь залудите конец обмотанного проволокой микротелефонного провода и поместите его в отверстие телефонного наконечника, наполненное припоем (рис. 8-13, *г*). После получения хорошего соединения дайте остыть

телефонному наконечнику. При правильно сделанной работе изолированный провод не должен выступать из телефонного наконечника (рис. 8-13, *д*).

Разъемное соединение из комбинации телефонного штекера и гнезда, показанное на рис. 8-11, иногда используется совместно с экранированным проводом или коаксиальным кабелем. Но такие разъемные соединения не предназначены специально для этих целей, так как они не экранированы и в них могут наводиться различного рода помехи.

В простых радиоустройствах часто применяют экранированное разъемное соединение, показанное на рис. 8-14. Такое разъемное соединение может обслужить только два провода. Оно чаще всего применяется в маломощных звуковых цепях. Такие разъемные соединения используются иногда совместно с тонкими коаксиальными кабелями в высокочастотных цепях.

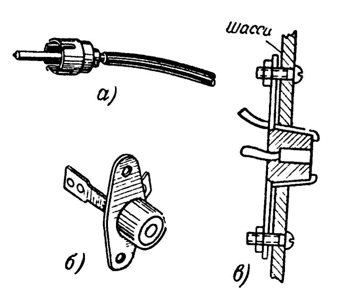
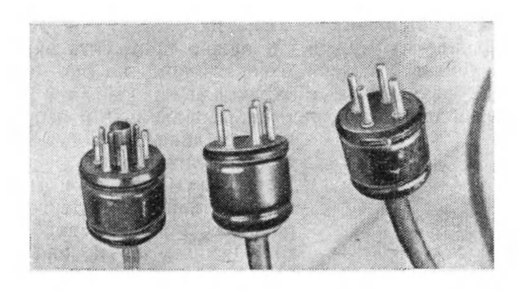


Рис. 8-14. Конструкция экранированного телефонного разъема.

а — штекер; *б* — гнездо; *в* — гнездо, установленное на шасси.

Разъемы для многожильных кабелей. Существуют сотни типов таких разъемных соединений и некоторые из них весьма дороги. Однако конструктор может пользоваться более доступными разъемными соединениями, например лампового типа (рис. 8-15). Штепсельная часть разъема этого типа сделана в виде цоколя электровакуумной лампы и поэтому хорошо сочленяется со стандартными ламповыми панелями. Подсоединенные к штепсельной части провода закрываются металлическими кожухами. Обычно разъемные соединения лампового типа имеют от 4 до 8 штырьков. Существуют также конструкции, имеющие 9 или 11 штырьков.


Рис. 8-15. Примеры разъемных соединений лампового типа.

В разъемах лампового типа, показанных на рис. 8-15, штепсель — это та часть, которая снабжена штырьками и находится на конце кабеля.

Но иногда бывает так, что штепсельная часть находится на шасси, а гнездовая часть — на конце кабеля. Однако для удобства принято считать, что на конце кабеля находится штепсельная часть разъемного соединения (независимо от того, находится ли там штырек или гнездо), а на шасси — гнездовая часть (независимо от того, находится ли там гнездо или штырек).

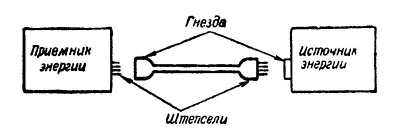


Рис. 8-16. Правильное размещение штепсельных и гнездовых частей разъемных соединений.

С точки зрения техники безопасности необходимо размещать разъемные соединения так, чтобы та часть разъемного соединения, от которой идет электрический ток, была гнездовой. Если же сделать наоборот, то возникнет большая опасность поражения электрическим током при случайном прикосновении к штырькам штепсельной части. На рис. 8-16 показаны примеры правильного размещения штепсельных и гнездовых частей.

На рис. 8-17 показан другой распространенный тип разъемного соединения под названием «ножевой разъем». Это разъемное соединение часто применяется в радиолюбительских и промышленных радиоустройствах. Ножевой разъем имеет обычно от 2 до 33 контактов штепсельного или гнездового вида. Так как такое разъемное соединение способно выдерживать высокие напряжения и токи (до 730 *в* при 10 *а*), то оно широко используется в цепях питания.

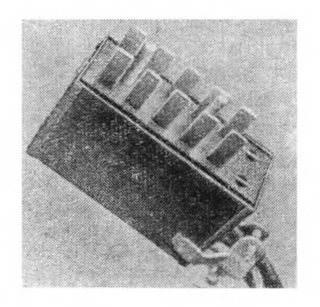


Рис. 8-17. Ножевой разъем.

Рассмотренные выше разъемные соединения хорошо работают в тех устройствах, где не требуется экранировка их. Если же экранировка нужна, то нужно применять экранированные разъемные соединения, подобные показанному на рис. 8-18.

Соединение разъемов с многожильными кабелями должно производиться очень тщательно, так как неправильно и непрочно сделанные соединения могут стать причиной различного рода повреждений. Например, если при небрежно сделанной пайке в штепсельную часть разъема попадут кусочки припоя, то это приведет к короткому замыканию между соседними штырьками.

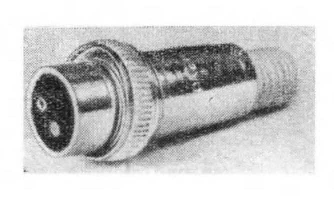


Рис. 8-18. Экранированное разъемное соединение.

Теперь перейдем к рассмотрению операции подсоединения многожильного кабеля к наиболее распространенным типам разъемных соединений. Начнем рассмотрение с разъемов лампового типа. Операция производится в следующем порядке. Вначале надо залудить внутреннюю поверхность штырька и конец подсоединяемого провода. После этого заполните штырек расплавленным припоем. Затем поместите

конец провода в отверстие штырька и добейтесь получения хорошей, прочной пайки. Если соединение сделано непрочно и провод свободно движется внутри штырька, то в конце концов он может совсем отсоединиться.

Не следует допускать нароста припоя на конце штырьков, так как в этом случае штепсельная часть разъема может не войти в гнездо. Небольшие наросты на штырьках можно счистить с помощью ножа. Если у вас нет нового разъема лампового типа, то можно воспользоваться разъемами, уже бывшими в употреблении, для чего их штырьки предварительно очищаются от старой пайки. Выталкивание старого припоя из заранее нагретого штырька производится с помощью какого-нибудь заостренного предмета, например заостренной проволоки.

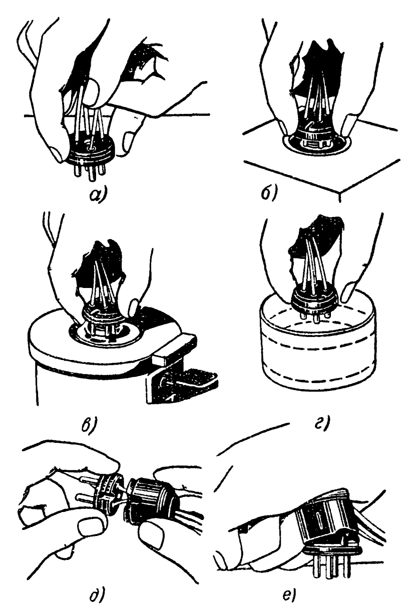


Рис. 8-19. Промышленный метод подсоединения проводов к штепсельной части разъема лампового типа.

На рис. 8-19 показан промышленный способ присоединения проводов к разъемам лампового типа. На рис. 8-19, *а* показано, как защищенные и залуженные провода помещают в штырьки. Затем штырьки помещают во флюс и расплавленный припой (рис. 8-19, *б* и *в*). Потом после охлаждения в течение нескольких секунд штырьки погружают в сосуд со спиртом для очистки их от избытка флюса (рис. 8-19, *г*). На рис. 8-19, *д* и *е* показано, как монтируется металлический кожух, закрывающий места паек.

Монтажные операции с ламповыми панелями, используемыми в этих разъемах в качестве гнездовых частей, будут подробно рассмотрены в гл. 10.

Для всех упомянутых выше разъемных соединений было бы желательно в штепсельных частях применять кабельные зажимы. Примеры таких зажимов даны на рис. 8-20. Применение зажима предотвращает воздействие на место соединений усилий, прикладываемых ко всему кабелю. Поэтому, если даже у вас получились прочные соединения проводов с разъемами, все равно для надежности желательно применять подобные зажимы.

Разъемные соединения коаксиальных кабелей. К этим разъемным соединениям в первую очередь предъявляются высокие требования в отношении экранировки. Здесь вы можете познакомиться с несколькими распространенными типами разъемных соединений коаксиальных кабелей и получить некоторое представление о других типах их. Пожалуй, наиболее распространенным типом штепсельных разъе-

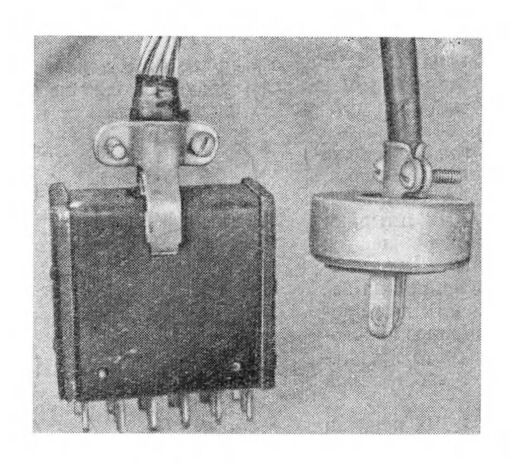


Рис. 8-20. Кабельные зажимы на штепсельных частях разъемных соединений.

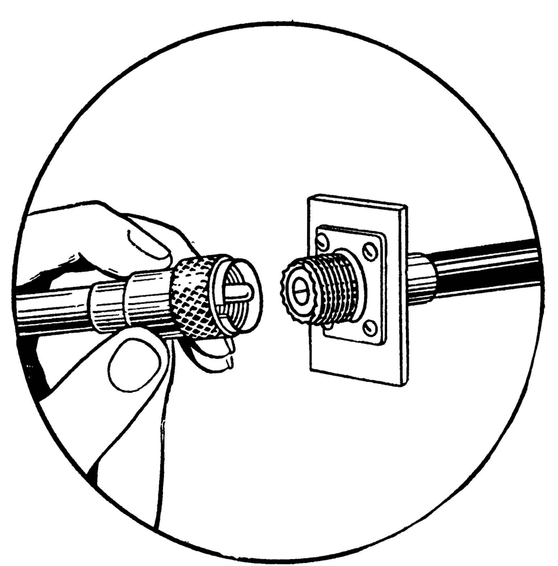


Рис. 8-21. Разъем для соединения коаксиальных кабелей.

мов коаксиальных кабелей является устройство, показанное на рис 8-21.

Очень важно правильно подготовить коаксиальный кабель для подсоединения его к штепсельному устройству типа. Основные этапы такой подготовительной операции показаны на рис. 8-22. Вначале необходимо удалить верхнюю пластичную оболочку кабеля. Для этого

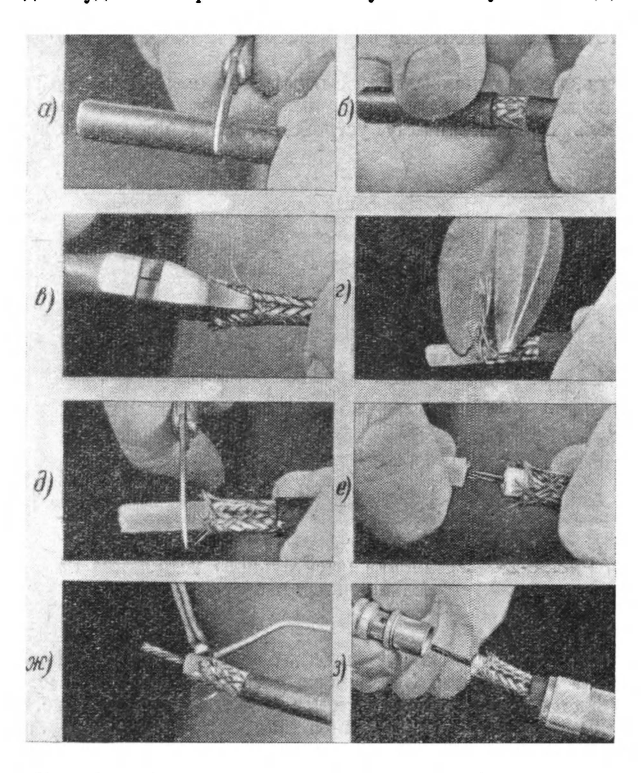


Рис. 8-22. Подготовка коаксиального кабеля для подсоединения к разъему.

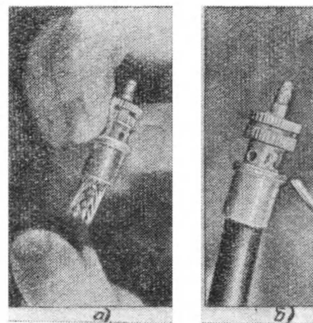
бритвой или острым ножом сделайте надрез вокруг кабеля (рис. 8-22, *а*) и снимите отрезанную часть оболочки (рис. 8-22, *б*). Необходимо научиться аккуратно производить круговой надрез, не задевая при этом ножом экранирующей оплетки, находящейся под верхней оболочкой, так как эта оплетка в дальнейшем используется для контакта с заземленной частью штепсельного устройства. Весьма трудным делом является разрезание оплетки. Это делается с помощью острых диагональных ножниц или небольших ножниц для резки жести (рис. 8-22, *в* и *г*). Если вы не примените такой метод, то плетеная структура оплетки нарушится и будет мешать проведению дальнейшей работы.

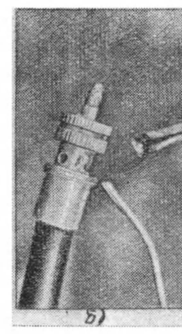
Зачистка внутреннего провода — относительно легкое дело. Полиэтиленовый диэлектрик очень мягок и его можно разрезать легким

прикосновением ножа или бритвы (рис. 8-22, *д*). Но при этом надо стараться не задеть внутренний провод, так как даже небольшая засечка может затем явиться причиной поломки провода. После надреза снимите изоляцию с провода (рис. 8-22, *е*) и залудите внутренний провод и оплетку (рис. 8-22, *ж*). После этого коаксиальный кабель полностью готов для соединения с разъемом (рис. 8-22, *з*).

Следует отметить, что в зависимости от поперечного сечения коаксиального кабеля подбирают определенные типы разъемных соединений.

Теперь, после ознакомления с основными операциями по зачистке коаксиальных кабелей, мы рассмотрим, как подсоединяется коаксиальный кабель к штепсельному устройству. Этот процесс показан на рис. 8-23.





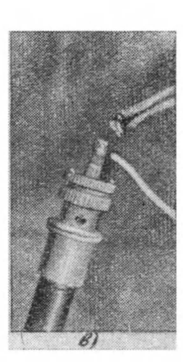


Рис. 8-23. Установка штепсельного устройства на коаксиальном кабеле.

На подготовленный кабель наденьте штепсельное устройство, как показано на рис. 8-23, *а*. Затем через отверстие в корпусе штепсельного устройства подпаяйте корпус к металлической оплетке (рис. 8-23,*б*). Заключительная операция — подпайка центрального провода (рис. 8-23, *в*).

Процесс соединения штепсельного устройства с коаксиальным кабелем очень хорошо отработан и может быть рекомендован всем радиолюбителям.

Штепсельная розетка обычно монтируется на плоской металлической поверхности шасси. Монтаж штепсельной розетки весьма прост. Металлический фланец штепсельной розетки закрепляется на шасси с помощью винтов. Необходимо при этом обеспечить хорошее соединение фланца розетки с шасси. Внутренняя незаземленная часть штепсельной розетки имеет контакт с центральным штекером штепсельного устройства. Так как штепсельная розетка обычно используется на высоких частотах, то провод, подсоединяемый к центральной части, должен быть как можно короче и прямее.

Разъемные соединения для цепей питания. Каждая фаза цепи питания должна иметь свою линию передачи в виде провода или кабеля. В большинстве случаев в маломощной аппаратуре провода питания проходят через отверстие в шасси и подсоединяются к соответствующим

зажимам. Часто опасность выпадания провода питания предотвращается путем завязки узла около того отверстия, через которое вошел этот провод. Вполне понятно, что в случае надобности такой провод трудно вынуть.

В промышленной аппаратуре провода питания часто подключаются с помощью разъемного соединения, например такого, которое пока-

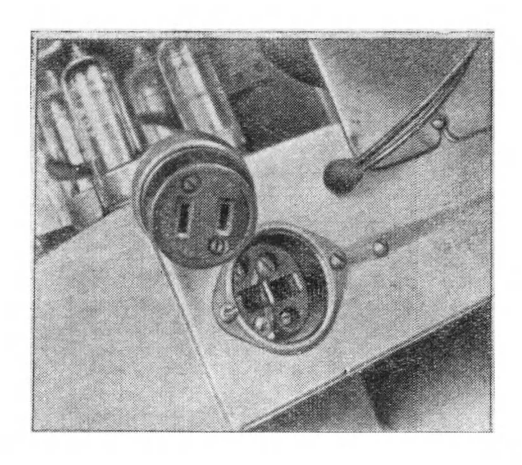


Рис. 8-24. Разъемное соединение цепей питания.

зано на рис. 8-24. Применение разъемных соединений позволяет быстро отключить аппаратуру от проводов питания и проводить нужные работы в обесточенном оборудовании. Заметьте, что штырьковая часть разъема (рис. 8-24) расположена на шасси. Это находится в полном соответствии с тем, что говорилось выше о правильном размещении штепсельных

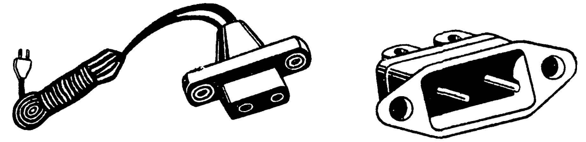


Рис. 8-25. Разъемное соединение цепей питания телевизора.

и гнездовых частей с точки зрения техники безопасности. Разъемное устройство, показанное на рис. 8-24, похоже (за исключением штырьков) на описанные выше разъемы лампового типа. В зависимости от назначения аппаратуры штепсельные и гнездовые части разъемных соединений цепей питания могут устанавливаться либо на шасси, либо на кабеле.

Компактную и удобную форму имеет разъемное соединение, используемое в телевизионной аппаратуре (рис. 8-25). Это разъемное

соединение обладает рядом достоинств. Оно занимает мало места на шасси, способно выдержать мощность в несколько тысяч ватт и имеет относительно низкую стоимость.

Потайные разъемные соединения. Если штепсельное устройство расположено на шасси, то его штырьки, выходящие за пределы шасси, могут получить повреждение. Чтобы этого не получилось, применяют так называемые «потайные» разъемы. Телевизионные разъемы, описанные выше, имеют как раз такую конструкцию. Но для таких разъемов необходимо предусмотреть соответствующее свободное место внутри шасси, что не всегда удобно.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Вы не сможете производить монтаж радиоэлектронной аппаратуры, содержащей множество деталей и соединений, без помощи специальных схем, на которых показано, как располагаются детали и как их надо соединять. Существует несколько типов таких схем.

НАГЛЯДНЫЕ СХЕМЫ

Большинство простейших типов схем являются наглядными схемами (рис. 9-1). Они очень близки к настоящим фотографиям монтажа готового блока. Из-за своей наглядности и простоты они часто используются в радиолюбительской литературе, предназначенной для людей, не имеющих опыта в производстве монтажных работ. Однако применение наглядных схем даже для устройств средней сложности встречает большие затруднения, так как на этих схемах очень трудно показать все детали и конструкции. Кроме того, монтажные провода закрывают друг друга, не видно мест соединений этих проводов, а при большом количестве проводов их просто невозможно отличить один от другого. По этой причине наглядные схемы очень редко применяются опытными радиолюбителями. Даже начинающему радиолюбителю благоразумнее пользоваться монтажными и принципиальными схемами.

МОНТАЖНЫЕ СХЕМЫ

Эти схемы очень распространены как в промышленности, так и в радиолюбительской практике (особенно среди начинающих радиолюбителей). По монтажным схемам удобно производить монтаж радиоаппаратуры, так как они составляются в соответствии с действительным расположением радиодеталей и монтажных проводов и содержат необходимые данные о производстве монтажа. Поэтому монтажные схемы применяются в качестве технологического документа при монтаже радиоаппаратуры в серийном и массовом производствах, причем изделие на схемах показывается со стороны монтажа.

На монтажной схеме в первую очередь должны быть четко показаны места всех паек и электрические соединения радиодеталей (рис. 9-2).

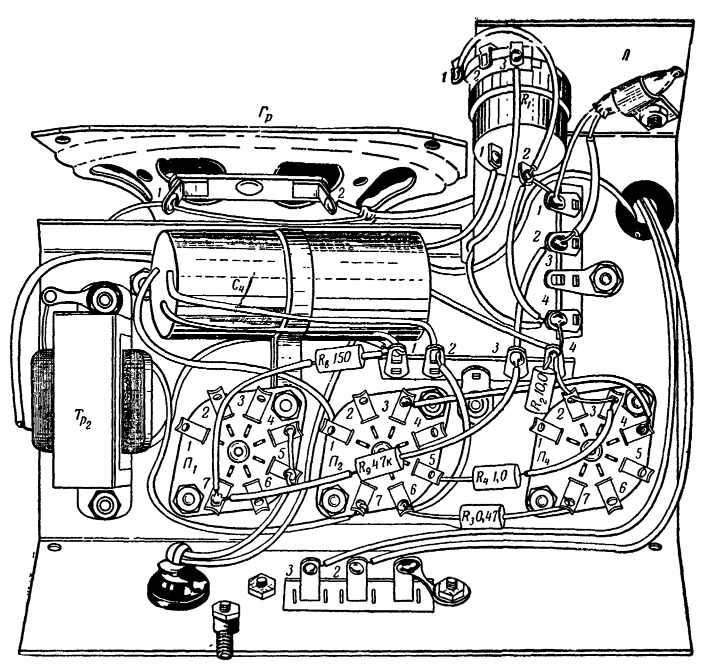


Рис. 9-1. Пример наглядной схемы.

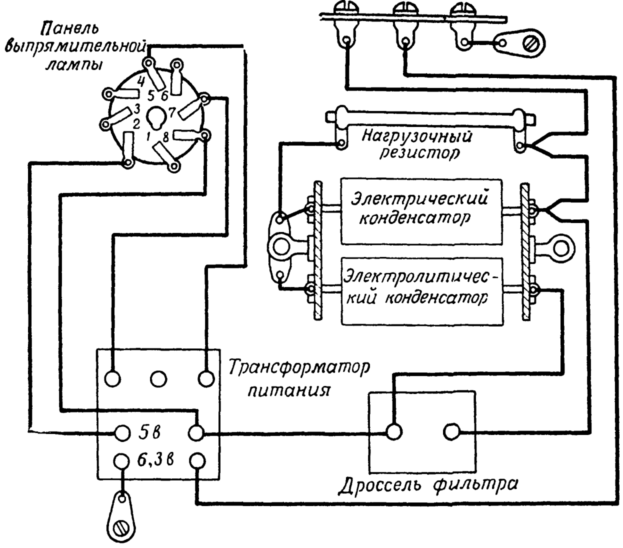
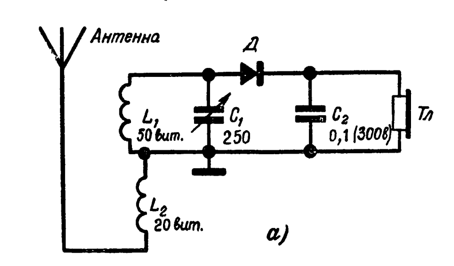


Рис. 9-2. Пример монтажной схемы.

Строгого порядка в составлении монтажных схем не существует. Например, радиодетали изображаются как в действительном, так и в условном видах. В некоторых же случаях монтажной схемой может быть просто хорошая фотография монтажа изделия.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Принципиальная схема — это чертеж, на котором все радиодетали обозначаются условными обозначениями, а соединения между ними — прямыми линиями. Эти условные обозначения одинаковы почти для всех



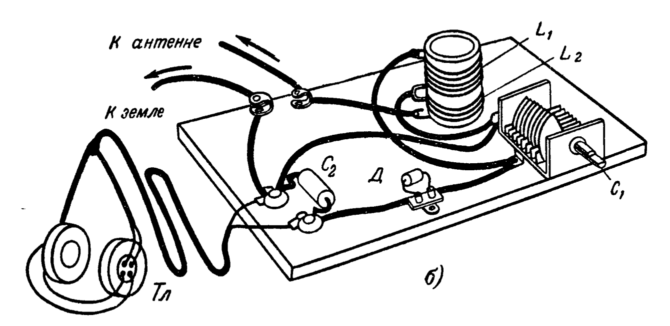


Рис. 9-3. Принципиальная схема простейшего детекторного приемника (*а*) и изображение его в виде наглядной схемы (*б*).

стран мира. Поэтому эти схемы интернациональны, т. е. любой человек, умеющий хорошо «читать» радиотехнические схемы, может легко получить представление о радиотехнической аппаратуре любой страны, даже не зная языка этой страны. Нарушение принятых обозначений в любой стране считается нарушением закона.

В СССР все условные обозначения делаются согласно ГОСТ (Государственному общесоюзному стандарту) 7624-62 «Обозначения условные графические для электрических схем».

С помощью принципиальных схем производятся конструирование аппаратуры и составление монтажных схем. На принципиальной схеме показываются условными обозначениями все радиодетали, а

также электрические соединения между ними, но нет указаний о геометрических размерах, размещении и способах крепления радиодеталей и расположении монтажных проводов. (Подробно об условных обозначениях радиодеталей рассказывается в следующей главе.)

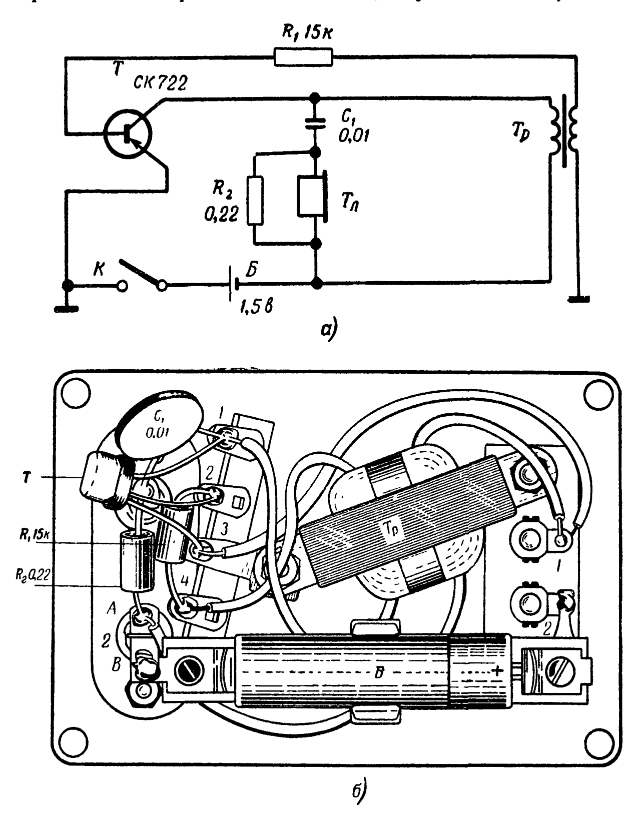


Рис. 9-4. Принципиальная схема (*а*) и вид монтажа звукового генератора (*б*).

Принципиальная схема составляется покаскадно, т. е. по отдельным группам радиодеталей, совместно решающим в приборе определенные задачи. Принято располагать каскады слева направо. Зная функциональные задачи, выполняемые каждым каскадом, можно иметь полное представление о работе всего радиоустройства в целом. Радиодетали в схеме обозначаются буквенными обозначениями и порядковыми номерами. Например, электровакуумные лампы обозначаются буквой *Л*, транзисторы — *Т*, диоды — *Д*, резисторы — *R*, конденсаторы — *С*, катушки индуктивности — *L*, трансформаторы — *Тр*, реле — *Р*, громкоговорители — *Гр* и т. д.

Для примера на рис. 9-3 приведены принципиальная схема простейшего детекторного приемника и наглядная схема монтажа его.

Как уже говорилось, принципиальная схема сама по себе ничего не говорит о внешнем виде монтажа и отдельных деталей, а также о их электрических характеристиках. Вот почему принципиальные схемы почти всегда сопровождаются отдельным списком деталей или информацией, напечатанной непосредственно на самой принципиальной схеме около каждой детали. При этом обозначение типа детали и электрическая спецификация этой детали даются в сокращенном виде. Эти два способа наглядно показаны на рис. 9-3 и 9-4.

На рис. 9-3 и 9-4 дополнительная информация к принципиальной схеме дана в виде обозначений на самой принципиальной схеме. Оба метода довольно широко применяются на практике. Метод с обозначениями на принципиальной схеме более удобен при монтаже и обслуживании радиоаппаратуры, а метод с применением списка деталей удобен для получения более полной дополнительной информации к принципиальной схеме.

Подводя итог сказанного выше, отметим, что принципиальная схема наиболее полезна, так как она помогает вам понять принцип действия устройства и усовершенствовать со знанием дела это устройство, если это потребуется. С другой стороны, эта схема не дает вам полной информации об истинном расположении деталей, типах проводов, распределении проводов и т. д. Такая информация может быть получена из других схем, таких, как монтажная схема, а также из таблиц или других первоначальных источников или, что лучше всего, когда эта информация будет получена из запаса ваших собственных конструкторских знаний. Если вы — начинающий радиолюбитель, то вначале вы будете вынуждены прибегать при монтаже к помощи других источников; по мере приобретения опыта вы будете стремиться делать все монтажные планировки в уме. Когда же вы научитесь это делать, то вы будете нуждаться только в принципиальных схемах.

БЛОК-СХЕМЫ

Еще одним типом схемы, которая помогает вам понять работу радиоэлектронного устройства, является так называемая блок-схема. На рис. 9-5 приведена блок-схема приемника прямого усиления. Приемник здесь разделен на отдельные составные части, каждая из которых имеет свои собственные функции. Каждая такая часть может состоять из любого количества деталей. Каждая такая функциональная группа изображается на блок-схеме отдельным прямоугольником. Внутри прямоугольников проставляют сокращенные надписи, поясняющие назначение каждого блока или условные наименования деталей, характерных для данного блока. Многие из этих сокращений стали общеупотребительными: УВЧ — усилитель высокой частоты; УПЧ — усилитель промежуточной частоты; УНЧ — усилитель низкой частоты и др.

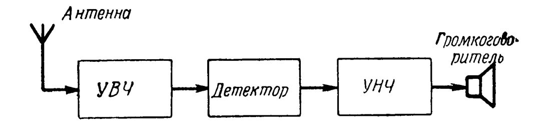


Рис. 9-5. Блок-схема приемника прямого усиления.

Отдельные блоки соединяются стрелками, которые указывают прохождение сигнала между ними.

Как было отмечено выше, блок-схемы не используются непосредственно при монтаже радиоаппаратуры, но они помогают понять принцип действия этой аппаратуры и лучше разобраться в принципиальных и монтажных схемах.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ *

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ

Каждое радиоэлектронное устройство состоит из большого количества радиотехнических и механических деталей. Производя монтаж, вы электрически соединяете радиотехнические детали в нужные цепи. Когда вы поймете особенности монтажа каждого типа деталей, общие монтажные проблемы станут для вас относительно простыми. По этой причине в этой главе мы рассмотрим наиболее распространенные радиотехнические детали, их специфику и как они соединяются в цепи. Вам следует ознакомиться с каждым типом деталей, так чтобы вы смогли легко опознать их и правильно смонтировать в соответствующем месте схемы.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

Общие сведения. Электронная лампа — основная деталь большинства радиоустройств. Большинство ламп имеет конструкцию со штырьковым цоколем, что позволяет легко вставлять и вынимать их из схемы без демонтажа остальных деталей.

Внешний вид наиболее распространенных типов ламп показан на рис. 10-1.

Принцип действия лампы заключается в том, что накаленный катод, заключенный в металлическую или стеклянную оболочку, из которой выкачан воздух, эмитирует (излучает) электроны. Эти электроны притягиваются к электроду, имеющему положительный потенциал и называемому «анодом». Поток таких электронов называется анодным током. Лампы, состоящие из двух электродов (катод — анод), называются «диодами».

Третий электрод — управляющая сетка, располагаемый между катодом и анодом, сравнительно малым своим потенциалом может оказывать влияние на анодный ток. Таким образом, можно осуществить усиление подаваемого на сетку лампы сигнала. Применение дополнительной сетки расширило функции лампы. Лампы, состоящие из трех электродов (катод — управляющая сетка — анод), получили название «триоды».

Существует две конструкции катодов ламп: катод с прямым, или непосредственным, накалом, когда катодом служит сама нить накала, которая нагревается при прохождении через нее электрического тока, и катод с косвенным накалом, когда катодом служит отдельный эле-

---

* В этой главе в некоторых местах оставлены обозначения, принятые в США, для того чтобы, имея схему из зарубежной книги или журнала, радиолюбитель мог легко в ней ориентироваться.

мент, который подогревается нитью накала, размещенной внутри этого элемента.

Применение катода с косвенным накалом уменьшает фон переменного тока, что особенно важно для чувствительных схем.

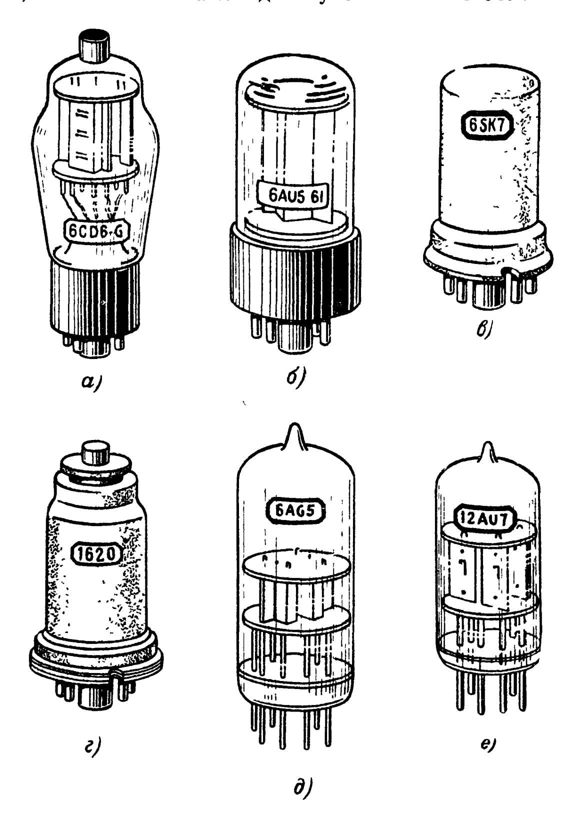


Рис. 10-1. Различные типы электронных ламп.

а и *б* — стеклянные лампы; *в* и *г* — металлические лампы; *д* и *е* — пальчиковые лампы.

Типы электронных ламп[1]. Кроме уже упомянутых выше ламп (диодов и триодов), довольно широко применяются лампы с различным числом сеток, расположенных между катодом и анодом. Подавая на эти дополнительные сетки соответствующие напряжения, можно в той или иной степени управлять анодным током. Благодаря этому еще более улучшаются усилительные и другие свойства ламп.

Лампу с двумя сетками (управляющей и экранирующей) называют «тетродом». Экранирующая сетка уменьшает емкость между анодом и управляющей сеткой. Лампу с тремя сетками (управляющей, экранирующей и защитной) называют «пентодом».

Защитная сетка (иногда ее называют антидинатронной или пентодной) введена для защиты экранирующей сетки от вторичных электронов, выбитых из анода анодным током. Для борьбы с этим вредным явлением применяются также лампы под названием «лучевые». Наиболее распространенная лампа этого типа — лучевой тетрод. В этих лампах каждый виток экранирующей сетки располагается точно позади соответствующего витка управляющей сетки. Поэтому для летящих от катода к аноду электронов экранирующая сетка оказывается как бы в тени управляющей сетки и, следовательно, на нее попадает меньше электронов, отраженных от анода. Лампу с четырьмя сетками (двумя управляющими и двумя экранирующими) называют «гексодом». Существует также лампа с пятью сетками (одной управляющей, двумя экранирующими и двумя защитными). Такую лампу называют «гептодом». Схематические изображения этих ламп показаны на рис. 10-2.

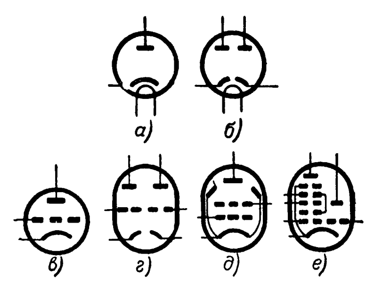


Рис. 10-2. Условные обозначения электронных ламп.

а — диод; *б* — двойной диод; *в* — триод; *г* — двойной триод; *д* — лучевой тетрод; *е* — триод-гептод.

Стремление к уменьшению количества ламп в радиоэлектронных устройствах привело к созданию комбинированных ламп. У них в одном баллоне помещены две, три и даже больше ламп, имеющих свои отдельные электроды, но выводы от нитей накала делаются общими. На рис. 10-2, *б*, *г* и *е* показаны схематические изображения некоторых комбинированных ламп.

Конструкция электронных ламп [1]. Существуют различные способы конструктивного оформления ламп (см. рис. 10-1). Стеклянные лампы (рис. 10-1, *а* и *б*) состоят из стеклянного баллона и пластмассового восьмиштырькового цоколя с направляющим ключом в центре. Металлические лампы (рис. 10-1, *в* и *г*) состоят из металлического баллона и пластмассового восьмиштырькового цоколя с направляющим ключом в центре.

Пальчиковые лампы (см. рис. 10-1, *д* и *е*) состоят из стеклянного бесцокольного баллона, на дне которого смонтированы выводные штырьки в виде заостренных проводников. Сверхминиатюрные лампы состоят из стеклянного бесцокольного баллона. Выводные штырьки сделаны в виде гибких луженых проводов, выходящих из стеклянной ножки лампы.

Лампы типа «желудь» состоят из стеклянного бесцокольного баллона. Выводные штырьки направлены в разные стороны через стекло баллона в виде прямых коротких проводников. Лампы с замком на ключе состоят из стеклянного баллона и металлического цоколя (экрана), в центре которого находится направляющий ключ. На конце ключа сделан замок в виде кольцевой выемки, захватываемой пружиной в ламповой панельке.

Лампы с дисковыми выводами (так называемые маячковые) состоят из стеклянного баллона и пластмассового восьмиштырькового цоколя с направляющим ключом в центре. Выводы электродов осуществляются сплошными металлическими дисками, разделенными стеклянными цилиндрическими изоляторами. Это сделано для удобного соеди-

нения лампы с коаксиальными линиями или объемными резонаторами.

Условные обозначения электронных ламп [1]. Условные обозначения ламп, производимых в СССР, состоят из четырех элементов (букв и цифр), наносимых на металлические или стеклянные баллоны. Для приемно-усилительных ламп первый элемент — число, указывающее напряжение накала в вольтах (округленно), для генераторных УКВ ламп — буквы ГУ, для электроннолучевых приемных и осциллографических трубок — число, указывающее диаметр или диагональ экрана в сантиметрах, для стабилитронов (газонаполненных стабилизаторов напряжения) — буквы СГ, для бареттеров (стабилизаторов тока) — число, указывающее ток стабилизации в амперах.

Второй элемент для приемно-усилительных ламп — буква, характеризующая тип лампы, а именно: диоды — Д, двойные диоды — Х, триоды — С, двойные триоды — Н, триоды с одним или двумя диодами—Г, пентоды экранированные с удлиненной характеристикой — К, пентоды экранированные с короткой характеристикой — Ж, частотопреобразовательные лампы с двумя управляющими сетками — А, выходные пентоды и лучевые тетроды — П, пентоды с одним или двумя диодами — Б, индикаторы настройки — Е, кенотроны — Ц, триод-пентоды — Ф, триод-гексоды — И.

Для осциллографических трубок и кинескопов с электростатическим отклонением луча второй элемент состоит из букв ЛО, для осциллографических трубок с электромагнитным отклонением луча — из букв ЛМ, для кинескопов с электромагнитным отклонением луча — из букв ЛК, для стабилитронов — из числа, указывающего порядковый номер типа прибора, для бареттеров — из буквы Б.

Генераторные лампы не имеют второго элемента в условном обозначении.

Третий элемент для приемно-усилительных и генераторных ламп, а также для электроннолучевых трубок состоит из числа, указывающего порядковый номер типа прибора, для стабилитронов — из буквы, имеющей такое же значение, как и четвертый элемент для приемно-усилительных ламп, для бареттеров — из двух чисел, разделенных тире и указывающих напряжения начала и конца стабилизации в вольтах.

Четвертый элемент для приемно-усилительных ламп состоит из буквы, характеризующей конструктивное оформление лампы, а именно: лампы в металлическом баллоне — без обозначения, лампы в стеклянном баллоне — С, лампы пальчиковые — П, сверхминиатюрные лампы диаметром 10 *мм* — Б, сверхминиатюрные лампы диаметром 6 *мм* — А, лампы типа «желудь» — Д, лампы с замком на ключе — Л, лампы с дисковыми выводами — Д.

Параметры электронных ламп [1]. Лампы характеризуются следующими основными параметрами. Крутизна характеристики S показывает, на сколько миллиампер изменяется анодный ток при изменении напряжения управляющей сетки на 1 *в* при неизменных напряжениях на остальных электродах:

$$S = \frac{\Delta I_а}{\Delta U_с} \ [ма/в],$$

где $\Delta I_а$ и $\Delta U_с$ — соответствующие приращения анодного тока в миллиамперах и напряжение управляющей сетки в вольтах.

Внутреннее сопротивление R_i показывает отношение изменения напряжения анода к вызванному им изменению анодного

тока при неизменных напряжениях на остальных электродах:

$$R_i = \frac{\Delta U_а}{\Delta I_а} \ [ком],$$

где $\Delta U_а$ и $\Delta I_а$ — соответствующие приращения анодного напряжения в вольтах и анодного тока в миллиамперах.

Коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз изменение сеточного напряжения действует на величину анодного тока сильнее изменения анодного напряжения:

$$\mu = \frac{\Delta U_а}{\Delta U_с},$$

где $\Delta U_а$ и $\Delta U_с$ — соответствующие приращения напряжения на аноде и управляющей сетке.

Крутизна характеристики, внутреннее сопротивление и коэффициент усиления лампы связаны следующей зависимостью:

$$\mu = SR_i.$$

Отметим, что приведенные выше параметры электровакуумных ламп определяются в статическом режиме, т. е. в отсутствие нагрузки в цепи анода.

Характеристики электронных ламп.[1] Зависимости анодного тока от напряжений на аноде и сетках показываются в виде специальных кривых, называемых характеристиками. Важнейшими из них являются анодно-сеточная характеристика, которая показывает зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке (при постоянных напряжениях на других электродах), и анодная характеристика, которая показывает зависимость анодного тока от напряжения на аноде (при постоянном напряжении на других электродах).

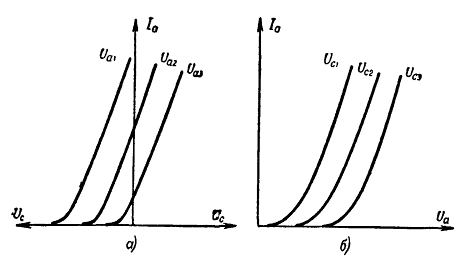


Рис. 10-3. Семейство анодно-сеточных и анодных характеристик триода.

Несколько анодно-сеточных характеристик, снятых при разных анодных напряжениях, образуют так называемое семейство анодно-сеточных характеристик (рис. 10-3, *а*). В свою очередь несколько анодных характеристик, снятых при разных напряжениях на управляющей сетке, образуют семейство анодных характеристик (рис. 10-3, *б*). На рис. 10-3 показаны графики этих характеристик для триода. Для других типов ламп они будут иметь другую форму.

С помощью характеристик можно произвести различные расчеты, в том числе и расчет важнейших параметров лампы.

Характеристики, обозначения и основные параметры ламп можно найти в различных радиотехнических справочниках.

ЛАМПОВЫЕ ПАНЕЛИ

Конструкция ламповой панели совмещает в себе установочный патрон и соединительное устройство. Лампа своими штырьками, расположенными на цоколе лампы, вставляется в отверстие ламповой панели и через лепестки, расположенные на дне ламповой панели, соединяется со схемой.

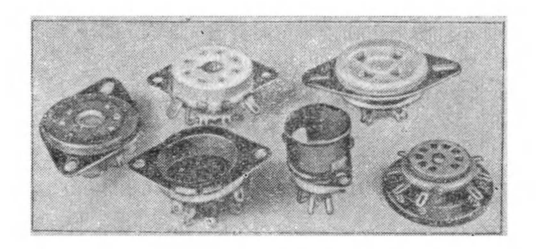


Рис. 10-4. Ламповые панели

Внешний вид распространенных типов ламповых панелей показан на рис. 10-4.

Лепестки на ламповых панелях обозначаются цифрами, причем нумерация лепестков всегда ведется от ключа по часовой стрелке (если смотреть на ламповую панель снизу, т. е. с ее монтажной стороны). На рис. 10-5 показаны ламповая панель и схематическое изображение лампы и соединений ее электродов со штырьками (цоколевка).

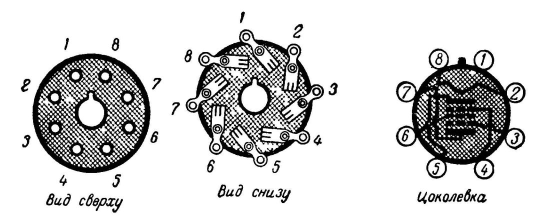


Рис. 10-5. Ламповая панель и цоколевка ламп.

При монтаже схемы монтажные провода подпаиваются к лепесткам ламповой панели. Если вы умеете хорошо паять, то вы сможете легко сделать эту работу.

Начинающие радиолюбители довольно часто при подпайке монтажных проводов к лепесткам допускают западание припоя в штырьковое отверстие ламповой панели. В этом случае лампа просто не вставится в панель и, следовательно, не сможет выполнять свои функции. Чтобы не допустить этого, необходимо при пайке отогнуть, насколько это возможно, лепесток по направлению к шасси. Используйте как можно меньше припоя. Еще лучше при этом поставить шасси в вертикальное положение; в этом положении лепестки будут направлены вниз и в сторону от панели и, следовательно, вероятность западания припоя в штырьковые отверстия еще более уменьшится.

Некоторые лепестки ламповой панели не всегда имеют соединение с электродами лампы. Тогда этот свободный лепесток можно использовать в качестве дополнительного монтажного лепестка для других элементов схемы. Однако если вы используете его для этой цели, то будьте твердо уверены в том, что этот лепесток не имеет соединения с ламповым штырьком.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ[1]

Общие сведения. Полупроводниковые приборы (транзисторы и диоды) имеют следующие преимущества по сравнению с электровакуумными лампами: малый вес и малые размеры; возможность работы при очень низких питающих напряжениях; отсутствие затрат энергии на подогрев катода; большой срок службы и высокая механическая прочность. Однако у существующих в настоящее время полупроводниковых приборов имеются следующие весьма существенные недостатки: зависимость их параметров от температуры и частоты; сравнительно небольшая мощность (особенно на высоких частотах); довольно большой уровень собственных шумов; плохая повторяемость параметров и характеристик у приборов одного и того же типа и некоторые другие. Но проведенные в последнее время работы показали, что многие из этих недостатков устранимы. Можно не сомневаться, что в будущем промышленность будет выпускать полупроводниковые приборы, свободные от указанных недостатков.

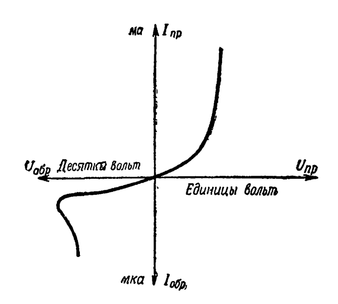


Рис. 10-6. Вольт-амперная характеристика диода.

В настоящее время полупроводниковые приборы широко внедряются в различные области радиотехники. Использование их открывает большие возможности в области микроминиатюризации радиотехнической аппаратуры.

В полупроводниковых приборах существуют так называемые электронно-дырочные переходы, которые состоят из стыка двух полупроводников, обладающих различными типами проводимости: электронной, обозначаемой буквой *n*, и дырочной, обозначаемой буквой *p*. В первом случае ток представляет собой перемещение электронов (т. е. отрицательно заряженных частиц), а во втором — перемещение дырок. Под термином дырка понимается отсутствие электрона в атоме полупроводника, поэтому перемещение дырок можно считать перемещением положительных зарядов. Стык двух таких полупроводников называется *p-n* переходом.

Диоды. Полупроводниковый прибор, содержащий только один *p-n* переход, называется полупроводниковым диодом. Такие приборы применяются для выпрямления переменного тока, а также для детектирования. Нелинейные свойства полупроводникового диода наглядно видны из рассмотрения его вольт-амперной характеристики (рис. 10-6). Из характеристики видно, что ток через диод в одном направлении очень мал, а в другом направлении резко возрастает при незначительном повышении напряжения.

Большое распространение в радиотехнике получили германиевые и кремниевые диоды (рис. 10-7, *а*, *б* и *г*). Они делятся на плоскостные и точечные. Плоскостные диоды применяются в выпрямительных

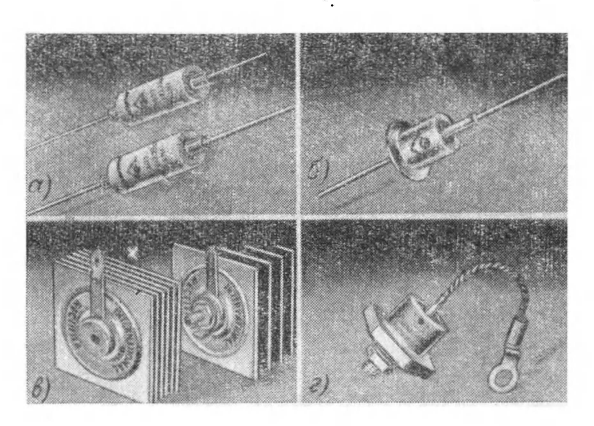


Рис. 10-7. Различные типы полупроводниковых диодов.

устройствах. У этих диодов *p-n* переход имеет относительно большую плоскость, что позволяет выпрямлять токи большой мощности. Однако они обладают значительной собственной емкостью (десятки микрофарад) и поэтому могут работать только на частотах ниже 50 *кгц*. На рис. 10-7 также показано условное обозначение полупроводниковых диодов и вентилей. Стрелкой показано направление тока, при котором диод оказывает току малое сопротивление (прямое направление).

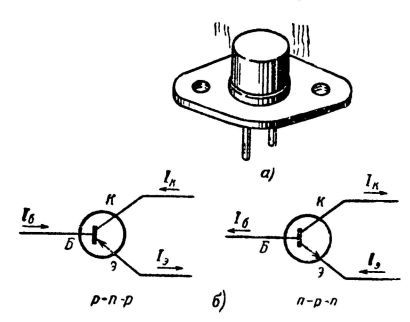


Рис. 10-8. Типичный транзистор (*а*) и условные обозначения наиболее распространенных типов транзисторов (*б*).

Полупроводниковые точечные диоды работают на меньших мощностях, так как они обладают малой площадью *p-n* перехода. Но зато они могут применяться на весьма высоких частотах вследствие очень малой собственной емкости (не более 1 *мкф*).

Обозначения диодов, производимых в СССР состоят из трех элементов: первый элемент — буква Д, второй элемент — номер, присвоенный данному типу диода, третий элемент — буква, показывающая разновидность типа прибора (при отсутствии разновидности буква не ставится). Плоскостные кремниевые диоды для работы при повышенных температурах имеют номера 201—300, а плоскостные германиевые

диоды для работы при обычных температурах — номера 301—400. Третий элемент — буква, показывающая разновидности типа прибора (при отсутствии разновидности буква не ставится).

Вентили, применяемые в выпрямителях радиотехнической аппаратуры, также работают на принципе образования запирающего слоя в *p-n* переходе. В настоящее время наиболее широкое распространение получили селеновые вентили (рис. 10-7, *в*). Для выпрямления высоких напряжений отдельные селеновые вентили собирают последовательно в виде столбиков или по мостовой схеме. Выводы их помечены различными цветами: красный — плюс выпрямленного напряжения, желтый — переменное напряжение, синий — минус выпрямленного напряжения.

Селеновые вентили обозначаются следующим образом: в начале обозначения стоят буквы А, В и С (алюминиевый выпрямитель селеновый); после этого указывается сторона квадратной шайбы или диаметр круглой шайбы в миллиметрах, из которых собран вентиль; в конце стоит номер, присвоенный данному типу вентиля, например: АВС-6-30. Для маломощных вентилей, после букв А, В и С идет значение средней величины выпрямленного тока в миллиамперах, затем — значение подводимого переменного напряжения в вольтах и буква М (малогабаритный), например: АВС-6-270М.

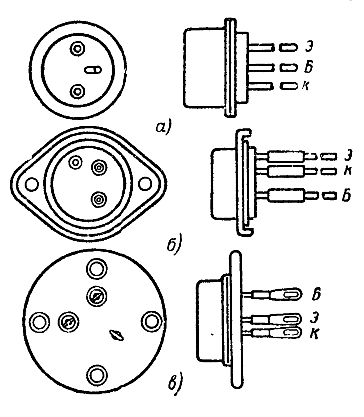


Рис. 10-9. Внешний вид транзисторов.

а — маломощных; *б* — средней мощности; *в* — большой мощности.

Транзисторы. Транзистором называется полупроводниковый прибор, содержащий два *p-n* перехода. Полупроводниковые приборы способны усиливать и генерировать электрические колебания. Поэтому они широко применяются в самых различных областях радиотехники.

Наиболее распространены германиевые и кремниевые транзисторы. Германиевые транзисторы применяются для работы при обычных температурах, а кремниевые — при повышенной. Транзисторы, так же как и полупроводниковые приборы, делятся на плоскостные и точечные.

На рис. 10-8 показаны типичный транзистор и условные обозначения транзисторов различной проводимости.

Транзисторы бывают малой, средней и большой мощности, низкочастотные и высокочастотные. Внешний вид советских транзисторов малой, большой и средней мощности показан на рис. 10-9. Параметры и обозначения транзисторов можно найти в специальных справочниках.

Для предохранения мощных транзисторов от перегрева необходимо создать хороший тепловод от корпуса прибора. Это часто достигается путем применения куска металла, обладающего достаточно высокой теплопроводностью и хорошими излучающими свойствами.

Шасси тоже может стать теплоотводом, если место вокруг транзистора будет свободно от других радиодеталей. Можно также для целей

теплоотвода укрепить транзистор на конструкции, имеющей ребра подобно радиатору. Иногда транзисторы сами имеют такую конструкцию.

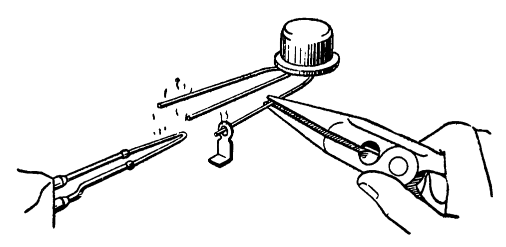


Рис. 10-10. Использование плоскогубцев в качестве теплоотвода с целью предохранения транзисторов от перегрева при пайке.

Для предохранения транзистора от перегрева при монтаже пользуются плоскогубцами для теплоотвода, как это показано на рис. 10-10. Все сказанное о теплоотводе для транзисторов справедливо и для полупроводниковых диодов.

РЕЗИСТОРЫ

Резисторы широко применяются в радиотехнических схемах, где они играют роль функциональных элементов, создающих определенное омическое сопротивление при прохождении через них электрического тока. Большинство резисторов — постоянные, т. е. каждый из них обладает определенным номинальным значением сопротивления, которое не может быть изменено каким-либо способом на другое значение. Однако существуют и переменные, или регулируемые, резисторы; таким резистором является потенциометр регулировки усиления.

Резисторы разделяются на три группы: постоянные, постоянные мощные и переменные резисторы.

Постоянные резисторы являются одними из самых распространенных радиодеталей. Они компактны, дешевы, но имеют ограничения по мощности. Наиболее распространенными типами этих резисторов являются композиционные или объемные резисторы, изготавливаемые путем прессования из смеси материала с высоким удельным сопротивлением и связующего вещества; проволочные резисторы, изготовляемые путем намотки проволоки с большим удельным сопротивлением на изоляционный каркас, и поверхностные резисторы, изготовляемые путем нанесения на поверхность керамического основания тонкого слоя углерода или другого состава, обладающего высоким удельным сопротивлением.

Внешний вид распространенных типов и условное обозначение резисторов показаны на рис. 10-11.

Сопротивления резисторов могут колебаться от своего номинального значения в пределах данного допуска в ту или иную сторону. В табл. 10-1 приведены стандартные значения допусков. Эти колебания не должны заходить (за исключением малых величин) в зону значений соседних номиналов. Отсюда понятно, почему допуск ± 5% имеет большее количество номиналов по сравнению с допусками ± 10 и ± 20%. Из табл. 10-2 видно, что все значения номиналов получаются

Таблица 10-1

Допуски			Допуски		
± 20%	± 10%	± 5%	± 20%	± 10%	± 5%
10	10	10	33	33	33
		11			36
	12	12		39	39
		13			43
15	15	15	47	47	47
		16			51
	16	16		56	56
		20			62
22	22	22	68	68	68
		24			75
	27	27		82	82
		30			91

Таблица 10-2

Справочные числа из табл. 10-1	Омы						Мегомы		
	От 0 до 1,0	От 1 до 9,1	От 10 до 91	От 100 до 910	От 1 000 до 9 100	От 10 000 до 91 000	От 0,1 до 0,91	От 1,0 до 9,1	От 10 до 91
10	—	1,0	10	100	1 000	10 000	0,1	1,0	10,0
11	—	1,1	11	110	1 100	11 000	0,11	1,1	11,0
12	—	1,2	12	120	1 200	12 000	0,12	1,2	12,0
13	—	1,3	13	130	1 300	13 000	0,13	1,3	13,0
15	—	1,5	15	150	1 500	15 000	0,15	1,5	15,0
16	—	1,6	16	160	1 600	16 000	0,16	1,6	16,0
18	—	1,8	18	180	1 800	18 000	0,18	1,8	18,0
20	—	2,0	20	200	2 000	20 000	0,20	2,0	20,0
22	—	2,2	22	220	2 200	22 000	0,22	2,2	22,0
24	0,24	2,4	24	240	2 400	24 000	0,24	2,4	24,0
27	0,27	2,7	27	270	2 700	27 000	0,27	2,7	27,0
30	0,30	3,0	30	300	3 000	30 000	0,30	3,0	30,0
33	0,33	3,3	33	330	3 300	33 000	0,33	3,3	33,0
36	0,36	3,6	36	360	3 600	36 000	0,36	3,6	36,0
39	0,39	3,9	39	390	3 900	39 000	0,39	3,9	39,0
43	0,43	4,3	43	430	4 300	43 000	0,43	4,3	43,0
47	0,47	4,7	47	470	4 700	47 000	0,47	4,7	47,0
51	0,51	5,1	51	510	5 100	51 000	0,51	5,1	51,0
56	0,56	5,6	56	560	5 600	56 000	0,56	5,6	56,0
62	0,62	6,2	62	620	6 200	62 000	0,62	6,2	62,0
68	0,68	6,8	68	680	6 800	68 000	0,68	6,8	68,0
75	0,75	7,7	75	750	7 500	75 000	0,75	7,5	75,0
82	0,82	8,2	82	920	8 200	82 000	0,82	8,2	82,0
91	0,91	9,1	91	910	9 100	91 000	0,91	9,1	91,0

путем умножения справочных чисел, приведенных в табл. 10-1. на некоторую степень числа 10.

Например, резисторы сопротивлением 1, 10, 100, 1 000 *ом* и т. д. имеют все классы допусков. В то же время резисторы сопротивлением 11 *ом*, 1 100 *ом* или 1,1 *Мом* имеют только один допуск: ± 5%, а рези-

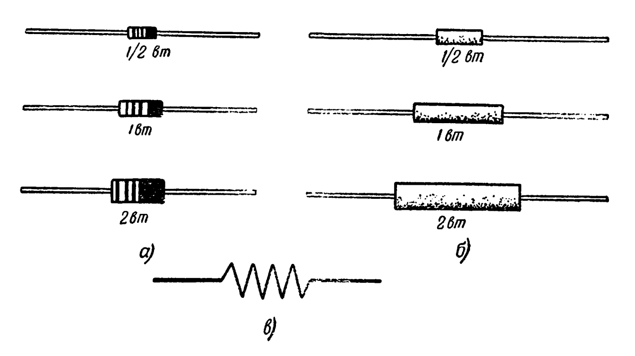


Рис. 10-11. Внешний вид постоянных резисторов и их условное обозначение.

а — композиционные резисторы; *б* — проволочные резисторы; *в* — обозначение резисторов на схемах

сторы сопротивлением 12 или 120 000 *ом* уже имеют два допуска: ± 5 и ± 10, но не имеют допуска ± 20%.

В радиотехнике наиболее распространены постоянные резисторы на номинальные мощности $^1/_{10}$, $^1/_3$, $^1/_2$, 1 и 2 *вт*.

Сопротивления резисторов и их допуски показаны на каждом резисторе с помощью цветового кода в виде цветных поясков на внешней поверхности корпуса резистора (рис. 10-12 и табл. 10-3).

Таблица 10-3

Цвет	Цифры	Десятичный множитель
Черный	0	1
Коричневый	1	10
Красный	2	100
Оранжевый	3	1000
Желтый	4	10 000
Зеленый	5	100 000
Голубой	6	1 000 000
Фиолетовый	7	10 000 000
Серый	8	100 000 000
Белый	9	1 000 000 000
Золотой	Допуск ±5%	0,1
Серебряный	Допуск ±10%	0,01
Бесцветный	Допуск ±20%	—

Согласно этому рисунку и таблице резистор сопротивлением, например, 43 000 *ом* имеет желтую и две оранжевые полоски; резистор сопротивлением 3 000 *ом* имеет оранжевую, черную и красную полоски, а резистор сопротивлением 47 *ом* и с допуском ± 10% имеет желтую, фиолетовую, черную и серебряную полоски.

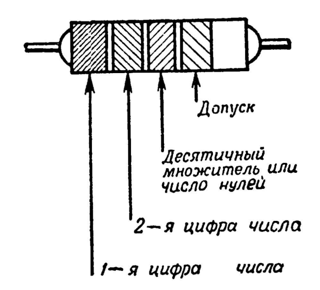


Рис. 10-12. Цветовой код для постоянных композиционных и небольших трубчатых проволочных резисторов.

Цветовой код используется также для некоторых типов конденсаторов, а иногда и для цветной кодировки монтажных проводов.

Резисторы соединяются с другими элементами устройства с помощью своих выводов. Пример монтажа резисторов приведен на рис. 10-13.

Хотя постоянные резистора не так чувствительны к нагреву, как германиевые транзисторы или диоды, они все же могут значительно изменить свое сопротивление при большом перегреве, который может возникнуть при монтаже. По этой причине тщательно следите за тем, чтобы резистор не перегревался при пайке, особенно если она продолжается значительное время. Не делайте при монтаже очень коротких выводов, так как при подпайке таких выводов резистор может чрезмерно

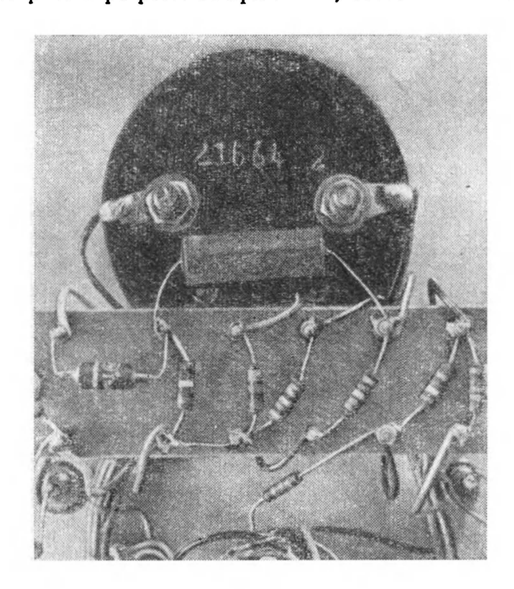


Рис. 10-13. Композиционные резисторы, смонтированные на зажимах субпанели.

перегреться. Обычно стараются оставлять выводы резисторов длиной не менее 6 *мм*.

При подпаивании резисторов желательно также использовать плоскогубцы в качестве теплоотвода, как и при подпаивании транзи-

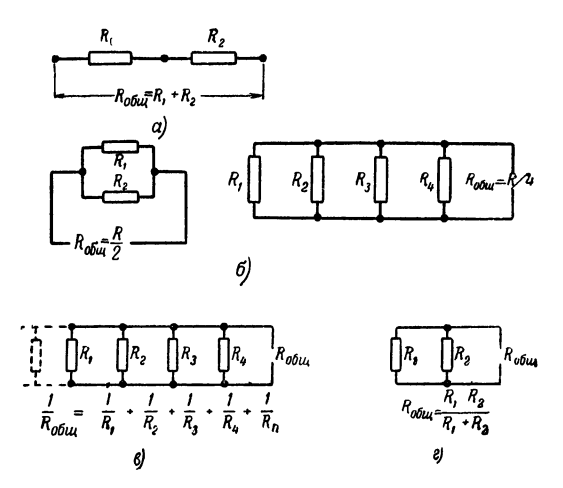


Рис. 10-14. Как рассчитывается общее сопротивление при последовательном или параллельном соединении резисторов.

а — последовательное соединение; *б* — параллельное соединение резисторов с одинаковыми сопротивлениями; *в* — параллельное соединение резисторов с различными сопротивлениями; *г* — параллельное соединение двух резисторов с различными сопротивлениями.

сторов (см. рис. 10-10). Если вы не имеете в наличии нужного номинала сопротивления резистора, то все же можно получить это сопротивление с помощью параллельного или последовательного соединения других резисторов соответствующих величин, учитывая, что при последовательном соединении резисторов складываются их сопротивления, а при параллельном соединении — проводимости (величины, обратные сопротивлению) (рис. 10-14).

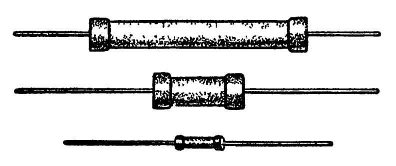


Рис. 10-15. Поверхностные (пленочные) резисторы.

Поверхностные, или «пленочные», резисторы используются в тех случаях, когда требуются высокая стабильность и большая точность. Внешний вид таких резисторов показан на рис. 10-15. Цветовой код обычно для этого типа резисторов не используется, и сопротивление резистора просто обозначается на его поверхности. Поверхностные резисторы имеют такие же значения сопротивлений, как и объемные резисторы, но при этом они имеют стандартный допуск $\pm 1\%$.

Прецизионные проволочные резисторы — наиболее точные и стабильные резисторы. Прецизионные проволочные резисторы применяются для работы в измерительной аппаратуре, где точность проводимых измерений очень сильно зависит от сопротивления резисторов. Внешний вид подобных резисторов показан на рис. 10-16.

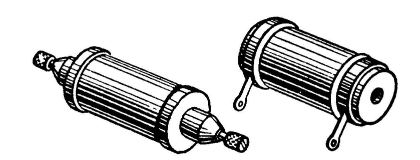


Рис. 10-16. Прецизионные проволочные резисторы.

Постоянные мощные резисторы используются в таких цепях, где резисторы должны обладать значительной мощностью рассеивания (свыше 2 *вт*). Эти резисторы изготовляются путем намотки проволоки, обладающей высоким удельным сопротивлением, на теплостойкий кар-

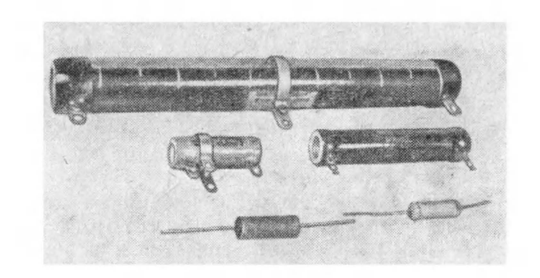


Рис. 10-17. Проволочные мощные резисторы.

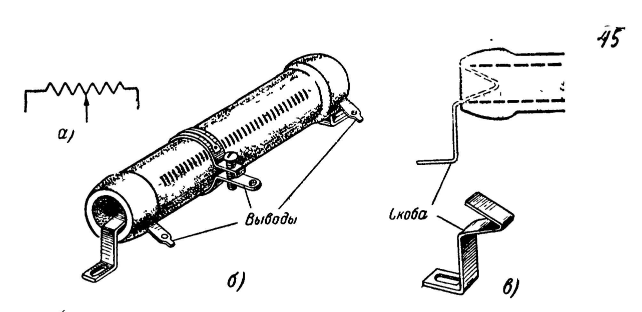


Рис. 10-18. Условное обозначение (*а*) и способ установки мощного резистора (*б* и *в*).

кас. Путем подбора точного количества проволоки с высоким удельным сопротивлением, наматываемой на каркас, достигаются нужное значение сопротивления, а также требуемое количество рассеиваемой мощности в виде тепла.

Внешний вид мощных резисторов показан на рис. 10-17.

Монтаж мощных резисторов производится либо с помощью собственных выводов резисторов, либо с помощью скоб, как показано на

рис. 10-18, *б* и *в*. Эти резисторы при работе на расчетных мощностях довольно сильно нагреваются. Поэтому нужно стараться не располагать близко к ним теплочувствительные детали, например германиевые диоды и транзисторы. Вообще эти резисторы надо устанавливать на открытом месте для лучшего и скорейшего рассеивания тепла. Если же нельзя этого сделать, то надо добиться, чтобы на них выделялось меньше тепла.

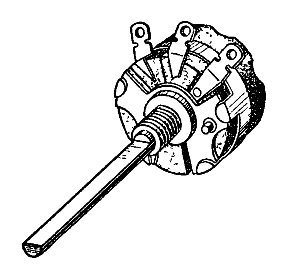


Рис. 10-19. Переменный резистор непроволочного типа.

Некоторые мощные резисторы делаются с отводами в виде дополнительных выводов. Эти выводы делаются либо фиксированными, либо переменными. Это дает возможность при регулировке радиоаппаратуры подобрать соответствующее значение сопротивления. Такой резистор и его условное обозначение показаны на рис. 10-18, *а* и *б*.

Переменные резисторы широко применяются в цепях регулировки усиления, чувствительности, градуировки, яркости и др.

Внешний вид распространенных типов переменных резисторов непроволочного типа показан на рис. 10-19, а условные обозначения их такие же, как и мощных резисторов с отводами. Основной частью таких резисторов являются дугообразный токопроводящий элемент и движущийся по нему ползунок, укрепленный на ручке прибора. В непроволочных переменных резисторах токопроводящим дуговым элементом является углеродистый или композиционный состав, нанесенный на изоляционную подложку. Такие переменные резисторы часто называют «потенциометрами». Они имеют сопротивление в пределах от сотен *ом* до 10 *Мом* и мощность 1 или 2 *вт*.

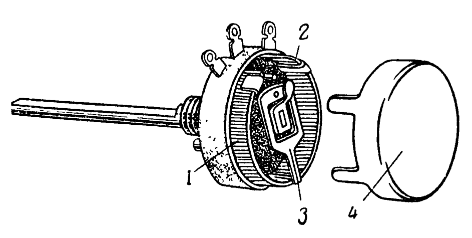


Рис. 10-20. Переменный резистор проволочного типа.

Проволочные переменные резисторы (рис. 10-20) имеют такую же конструкцию, как и непроволочные, только здесь токопроводящим дугообразным элементом является проволока *1*, намотанная на теплостойкий изоляционный каркас *2*. Для электрического контакта с движком *3* провод очищен от изоляции. Для защиты от внешних воздействий резистор закрыт крышкой *4*. Проволочные переменные резисторы наиболее стабильны и имеют высокую мощность. Непроволочные переменные резисторы имеют более низкую стоимость, чем проволочные, и могут использоваться в некоторых высокочастотных устройствах, в которых нельзя применять проволочные резисторы из-за их собственной индуктивности.

Переменные резисторы имеют обычно три вывода: два — от обоих концов сопротивления и один — от движка. При монтаже можно ошибиться при подключении выводов, и тогда получится так называемое

«обратное соединение». В этом случае, например, громкость будет увеличиваться при вращении ручки против часовой стрелки вместо того, чтобы уменьшаться. Чтобы исправить эту ошибку, нужно провод, идущий к левому выводу потенциометра, припаять к правому выводу, а провод, идущий к правому выводу, припаять к левому. Провод, идущий к отводу движка, перепаивать не нужно.

Резисторы [1], производимые в СССР, можно разбить на две основные группы: проволочные и непроволочные. И те, и другие резисторы могут быть как постоянными, так и переменными.

Непроволочные резисторы наиболее распространены; они разделяются на объемные (композиционные) и поверхностные (пленочные). Для непроволочных резисторов принята следующая трехэлементная система обозначения: первый элемент — буква, указывающая вид проводника (К — композиционные, У — углеродистые, М — металлопленочные); второй элемент — буква, указывающая вид защиты (Л — лакированные, Г — герметичные, В — вакуумные); третий элемент — буква, указывающая особые свойства или назначение резистора (Т — теплостойкие, П — прецизионные, В — высоковольтные, М — малогабаритные).

Старым типам резисторов оставлены их старые обозначения, например: ВС (**В**лагостойкие **С**опротивления) или СП (**С**опротивления **П**еременные).

Из выпускаемых промышленностью постоянных непроволочных резисторов наиболее распространены резисторы типов ВС, МЛТ (**М**еталлизированные **Л**акированные **Т**еплостойкие) и УЛМ (**У**глеродистые **Л**акированные **М**алогабаритные). Среди специальных типов распространены резисторы типа УЛИ (**У**глеродистые **Л**акированные **И**змерительные) и др.

Среди непроволочных переменных резисторов, применяемых в обычных радио- и телевизионных приемниках, довольно широко распространены типы СП и СПО (**С**опротивления **П**еременные **О**бъемные).

Проволочные резисторы [1]. Постоянные проволочные резисторы наиболее часто используются в измерительной аппаратуре в качестве шунтов и добавочных сопротивлений. Из выпускаемых промышленностью резисторов наиболее употребительны типы ПЭ (**П**роволочные **Э**малированные) и ПЭВ-Х (**П**роволочные **Э**малированные **В**лагостойкие с передвижным **Х**омутиком).

Переменные проволочные резисторы применяются для регулировки больших токов в цепях питания. Для этой цели применяются типы ПП (**П**роволочные **П**еременные) и ППБ (**П**роволочные **П**еременные **Б**ескаркасные).

Проволочные потенциометры, например типа ПЛ (**П**рецизионные **Л**инейные), применяют в качестве делителей напряжения или переменных активных сопротивлений.

В СССР принято другое обозначение резисторов, причем на принципиальных схемах в условном обозначении резистора ставится дополнительный значок, указывающий его номинальную мощность (рис. 10-21). Сопротивление резистора проставляется на схеме около его условного обозначения, причем сопротивления от 10 до 999 *ом* обозначают целым числом без единиц измерения, от 1 000 до 99 999 *ом* — числом килоом без единицы измерения, но с буквой «к» (например, 20 000 *ом* обозначают как 20к), а сопротивления, бóльшие, чем 100 000 *ом*, выражают в мегомах десятичной дробью без указания единицы измерения (например, 200 000 *ом* обозначают числом 0,2, а сопротивление 1 *Мом* — числом 1,0).

Номинальное значение резистора маркируется на поверхности резистора в омах, килоомах или мегомах. Для малогабаритных резисторов обозначение «ком» заменяется буквой к, а «Мом» — буквой М. Цветовой код в СССР не применяется.

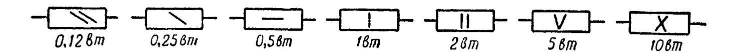


Рис. 10-21. Обозначения номинальных мощностей резисторов на принципиальных схемах.

Номинальные значения сопротивлений резисторов и классы точности советских резисторов совпадают с американскими и могут быть определены по табл. 10-1 и 10-2. Внешний вид пленочных, мощных проволочных, а также переменных резисторов, производимых в СССР,— такой же, как у американских (см. рис. 10-15, 10-17, 10-19 и 10-20).

КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсатор является функциональным элементом, обладающим определенным значением (или диапазоном значений) электрической емкости. Конденсаторы очень широко применяются в радиотехнике для обеспечения соответствующей работы многих электрических цепей.

Существует множество типов конденсаторов, совсем не похожих друг на друга. Поэтому мы начинаем этот раздел с рассмотрения основных принципов работы конденсатора. Затем мы перейдем к рассмотрению трех основных групп конденсаторов: электролитических, постоянных и переменных.

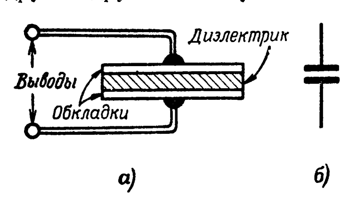


Рис. 10-22. Устройство конденсатора (*а*) и его схемное обозначение (*б*).

Устройство конденсатора показано на рис. 10-22,*а*. Он состоит из трех основных частей: двух обкладок и диэлектрика. Если мы приложим напряжение к этим обкладкам, то через них пройдет кратковременный ток, заряжающий конденсатор. Этот ток прекращается, как только конденсатор полностью зарядится (когда напряжение на его обкладках станет почти равным приложенному). Таким образом, конденсатор запасает электрическую энергию между своими обкладками.

Чем больше емкость конденсатора, тем больше он способен запасти электрической энергии. Емкость конденсатора зависит от трех основных причин: площади обкладок, расстояния между ними и диэлектрической постоянной материала, используемого в качестве диэлектрика. Диэлектрические постоянные различных материалов рассчитываются относительно воздуха, у которого диэлектрическая постоянная принята за единицу. Например, если диэлектрик конденсатора имеет диэлектрическую постоянную, равную 2, то емкость этого конденсатора будет в 2 раза больше емкости такого же конденсатора, но у которого в качестве диэлектрика используется воздух.

Единицей измерения емкости является фарада. Одна фарада — емкость такого конденсатора, у которого при заряде в 1 *к* (кулон) получается потенциал 1 *в*. Фарада — чрезвычайно большая величина, поэтому она не применяется для измерений емкости конденсаторов. Практически емкости конденсаторов измеряются в микрофарадах (*мкф*) и пикофарадах (*пф*). Микрофарада равняется миллионной частью фарады (1 *мкф* $= 10^{-6}$ *ф*), а пикофарада в свою очередь равна миллионной части микрофарады (1 *пф* $= 10^{-6}$ *мкф* $= 10^{-12}$ *ф*).

Электролитические конденсаторы используются в тех цепях, где требуются высокие значения емкостей. В основном они используются в качестве конденсаторов фильтров цепей питания, в катодных цепях ламп и некоторых других цепях.

Внешний вид распространенных типов электролитических конденсаторов показан на рис. 10-23.

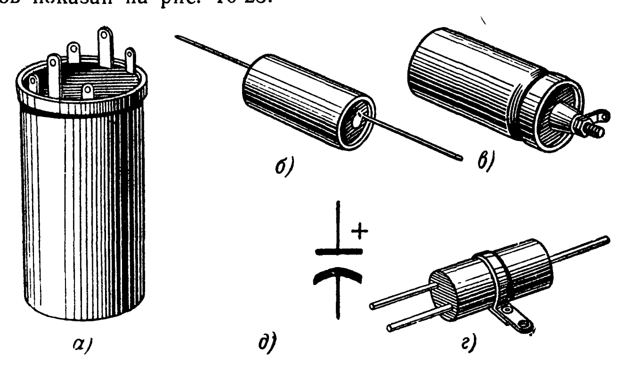


Рис. 10-23. Электролитические конденсаторы.

а — баночный тип; *б* — трубчатый тип; *в* — баночный тип с крепежным устройством; *г* — трубчатый карточный тип с крепежным устройством; *д* — схемные обозначения электролитических конденсаторов, принятые в США.

В качестве обкладок применяются две ленты металлической фольги, одна из которых оксидирована. Между ними находится электролит в пастообразном или жидком состоянии (жидкий электролит в настоящее время применяется очень редко).

Высокая диэлектрическая постоянная тонкой оксидной пленки, используемой в качестве диэлектрика, и ее небольшая толщина позволяют достичь сравнительно высокой емкости при весьма малых габариттах прибора.

Перед тем как монтировать в схему электролитический конденсатор, необходимо определить его полярность. При неправильном подсоединении могут произойти следующие неприятные явления: увеличение тока утечки, уменьшение емкости и перегрев конденсатора. Иногда при подаче напряжения на неправильно подсоединенный электролитический конденсатор может даже произойти взрыв; поэтому нужно избегать неправильного включения конденсаторов.

Выводы секционного электролитического конденсатора различаются по форме пробитого в них отверстия (рис. 10-24, *а*); полярность трубчатых конденсаторов либо показана на его поверхности, либо обозначается с помощью цветового кода (рис. 10-24, *б* и *в*).

Электролитические конденсаторы не используются в цепях переменного тока, так как в течение половины периода они будут иметь неправильную полярность. Однако иногда это можно делать, если поддерживать каким-либо способом на одном его конце нужную полярность. Это можно сделать, включив в цепь переменного тока источник постоянного напряжения $E_б$, причем это напряжение должно быть не меньше амплитуды переменного напряжения (рис. 10-25).

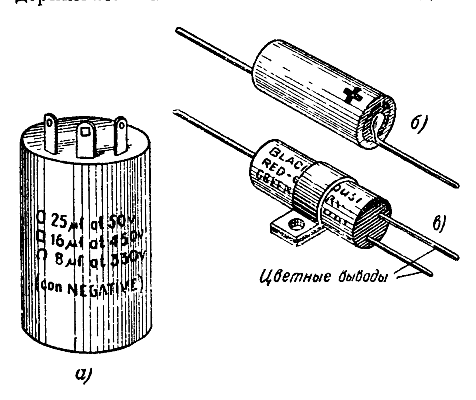


Рис. 10-24. Обозначение полярности электролитических конденсаторов.

Электролитические конденсаторы изготавливают на довольно широкий диапазон емкостей (от одной микрофарады до тысячи микрофарад) и рабочих напряжений (от 3 до 700 *в* и даже более).

Для того чтобы работать без перегрузок, используйте конденсаторы с запасом не менее 25% рассчитанного рабочего напряжения. На работу электролитических конденсаторов очень вредно воздействуют высокие температуры. Поэтому не рекомендуется располагать их слишком близко от мощных резисторов, вакуумных ламп или других деталей с большим тепловым излучением.

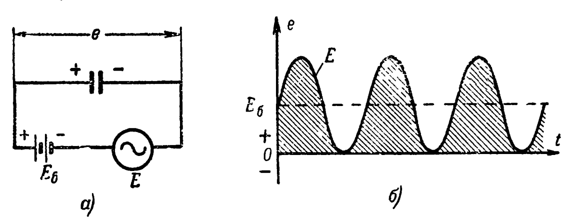


Рис. 10-25. Включение электролитического конденсатора в цепь переменного тока.

а — схема включения; *б* — график работы схемы.

Другим видом электролитических конденсаторов являются **танталовые конденсаторы**. По сравнению с конденсаторами, описанными выше, они обладают большей компактностью и долговечностью. Их изготавливают либо большой емкости и на низкие рабочие напряжения (например, несколько сотен микрофарад и 10 *в*), либо наоборот, малой емкости и на высокие рабочие напряжения (например, от 0,3 до 7 *мкф* и 420 *в*). Благодаря своим очень небольшим размерам эти конденсаторы очень удобны в транзисторных цепях, но они намного дороже, чем обычные электролитические конденсаторы.

Конденсаторы постоянной емкости используются там, где требуются компактность и низкая стоимость и где не требуются высокие значения емкостей и рабочих напряжений. Существуют три распространенных типа этих конденсаторов: бумажные, слюдяные и керамические. Названия эти конденсаторы получили от применяемого типа диэлектрика.

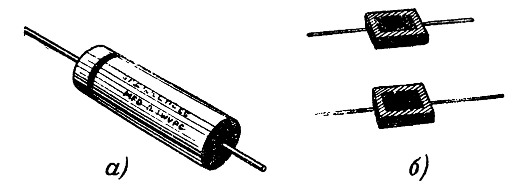


Рис. 10-26. Конденсаторы постоянной емкости.

а — бумажные; *б* — слюдяные.

Бумажные конденсаторы (более точно бумажно-диэлектрические) широко применяются в качестве шунтирующих конденсаторов в промышленных низкочастотных приборах. Они также применяются в качестве конденсаторов связи и конденсаторов колебательных контуров на звуковых и ультразвуковых частотах. Но они не используются на очень высоких частотах, так как сделаны в виде трубочек.

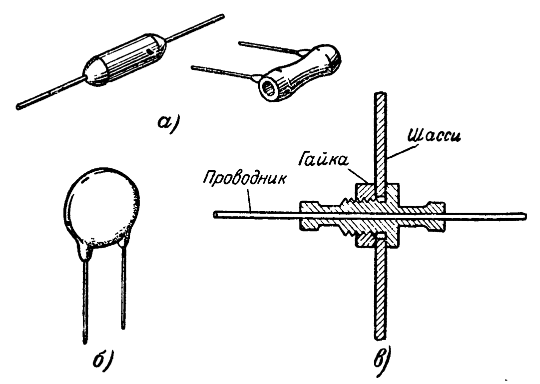


Рис. 10-27. Керамические конденсаторы.

а — трубчатые, *б* — дисковые; *в* — крепление керамического конденсатора к шасси.

Слюдяные и керамические конденсаторы используются на более высоких частотах, так как они обладают небольшой собственной индуктивностью. В большинстве случаев эти конденсаторы монтируются в схему с помощью собственных выводов. Они обычно имеют емкости от 5 до 500 000 *пф* (0,5 *мкф*). Конденсаторы этого типа делаются с допуском ± 10% и на рабочие напряжения 200, 300, 600, 1 200 и 25 000 *в*.

Внешний вид бумажных и слюдяных конденсаторов показан на рис. 10-26, а на рис. 10-27 керамические конденсаторы и способ крепления керамического конденсатора к шасси. В бумажных конденсаторах

пластинами служат две длинные ленты из фольги, разделенные бумагой, пропитанной воском или маслом, и свернутые в трубку. В слюдяных конденсаторах пластинами служат листы металлической фольги, разделенные прокладками из слюды. В керамических конденсаторах на каждую сторону керамического каркаса (трубчатой или дисковой формы) наносятся слои металла, выполняющие роль пластин, а роль диэлектриков выполняет керамика.

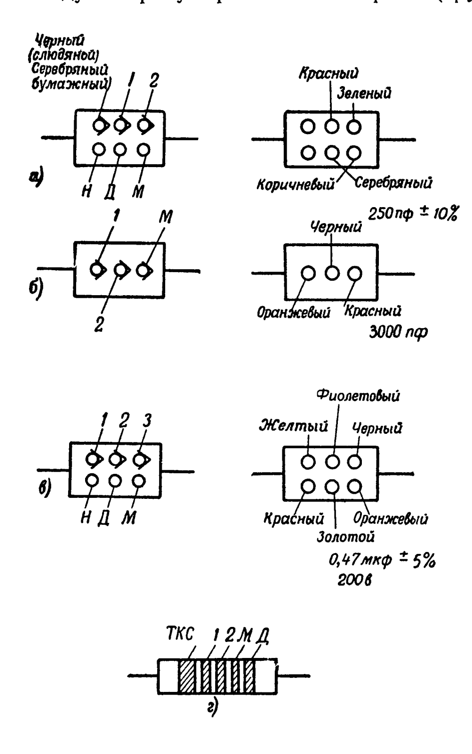


Рис. 10-28. Цветовой код для обозначения емкости слюдяных и бумажных (*а*, *б* и *в*) и керамических (*г*) конденсаторов.

1 — первая цифра числа (см. табл. 10-3); *2* — вторая цифра числа; *3* — третья цифра числа; *М* — десятичный множитель; *Д* — допуск; *Н* — рабочее напряжение, умноженное на 100; ТКС — температурный коэффициент емкости.

Ни один из описанных типов конденсаторов не имеет полярности в том смысле, чтобы прикладываемое напряжение было определенным образом ориентировано относительно их выводов. Однако если заземлить вывод бумажного конденсатора, соединенный с внешней лентой фольги, то эта лента будет действовать как экран. Это явление часто используют во многих цепях, поэтому на большинстве бумажных конденсаторов отмечается каким-либо способом вывод, соединенный с внешней лентой фольги. Обычно это делается с помощью полоски, как показано на рис. 10-26, *а*. Иногда слова «внешняя фольга» наносят непосредственно на поверхность конденсатора.

Бумажные конденсаторы имеют значения емкостей от сотен пикофарад до нескольких микрофарад и рабочие напряжения от 200 до 600 *в*. Специальные типы конденсаторов с бумагой, пропитанной маслом, имеют более высокие значения емкостей и напряжений.

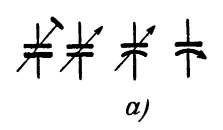
Емкость слюдяных, бумажных и трубчатых керамических конденсаторов обозначается с помощью цветного кода. Используется тот же код, который применяется для резисторов (см. рис. 10-12 и табл. 10-3), но для слюдяных и бумажных конденсаторов цвета наносятся в виде точек.

Система цветного обозначения емкости конденсаторов показана на рис. 10-28. На рис. 10-28, *а* слева показана система цветного обозна-

чения слюдяных и бумажных конденсаторов, изготовленных по стандартам AWS и TAN; обозначения состоят из шести точек. Справа на этом же рисунке приведен пример такого обозначения.

На рис. 10-28, *б* показана система цветного обозначения емкости конденсаторов (стандарт RMA) с помощью трех точек. Такие конденсаторы изготавливаются на рабочее напряжение 500 *в* и имеют допуск только ± 20%. Пример такого обозначения приведен на рис. 10-28, *б* справа.

На рис. 10-28, *в* слева показана система обозначения конденсаторов, изготовленных по тому же стандарту, что и предыдущие (RMA), но обозначения которых состоят из шести точек. Справа приведен пример такого обозначения.



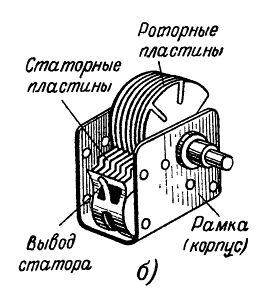


Рис. 10-29. Условные обозначения (*а*), принятые в СССР и США (крайнее справа), и конструкция конденсатора переменной емкости (*б*).

Емкость керамических конденсаторов обозначается с помощью цветных полосок. Система их обозначения показана на рис. 10-28, *г*.

Специальные типы слюдяных конденсаторов изготавливают путем нанесения на слюду тонкого слоя серебра. Емкость таких конденсаторов наиболее стабильна. Они используются в настраиваемых контурах генераторов, где требуется высокая степень стабильности емкости. Специальные слюдяные конденсаторы можно отличить от обычных путем визуального осмотра.

Керамические конденсаторы обладают примерно такой же емкостью, как и слюдяные. Специальным типом керамических конденсаторов является так называемый термокомпенсирующий конденсатор. Он имеет форму, подобную форме обычных трубчатых керамических конденсаторов. Этот конденсатор изготовлен таким образом, что его емкость в зависимости от температуры может изменяться по определенному требуемому закону. С помощью такого конденсатора можно скомпенсировать изменение емкости от нагрева других обычных конденсаторов. Термокомпенсационные конденсаторы используются для поддержания стабильности частоты в высокочастотных колебательных контурах.

Конденсаторы переменной емкости используются в радиоприемниках, где с их помощью происходит настройка на частоту принимаемой станции. Эта настройка осуществляется изменением значения емкости конденсатора, который совместно с катушкой индуктивности образует входной резонансный колебательный контур. Настроечные конденсаторы переменной емкости применяются в усилителях высокой и промежуточной частоты, высокочастотных генераторах, радиопередатчиках, в цепях нейтрализации и многих других устройствах. Плавное изменение емкости таких конденсаторов достигается благодаря тому, что одна пластина (или группа пластин) конденсатора меняет свое положение относительно другой пластины (или группы пластин).

Разновидности условных обозначений и устройство конденсаторов переменной емкости показаны на рис. 10-29. В таких конденса-

торах одна группа пластин укреплена на вращающемся валу; такие пластины называются роторными пластинами, а весь вращающийся агрегат — ротором. Другая группа пластин, укрепленных на неподвиж-

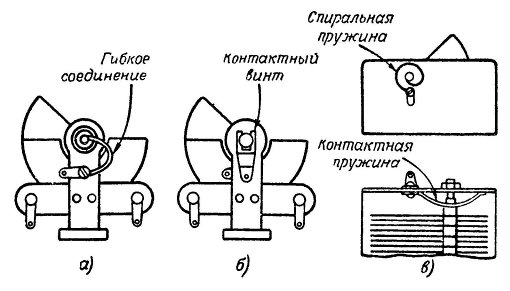


Рис. 10-30. Как подсоединить внешние цепи к ротору конденсатора переменной емкости.

а — с помощью гибкого провода; *б* — с помощью контактного винта; *в* — с помощью пружин.

ной станине, неподвижна; такие пластины называются статорными пластинами, а весь неподвижный агрегат — статором.

Необходимо знать, как подсоединять ротор и статор к нужным точкам схемы. В большинстве конденсаторов переменной емкости ротор заземляется либо через вал, либо с помощью специального приспособления, как показано на рис. 10-30.

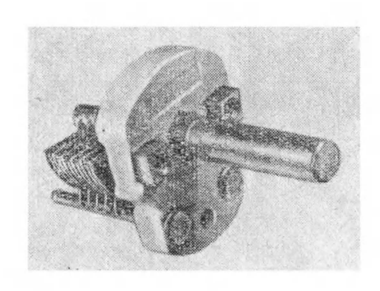


Рис. 10-31. Конденсатор переменной емкости с незаземленным ротором.

Подсоединение к статору делается обычно через выводы, находящиеся на статорных пластинах.

Иногда встречаются конденсаторы переменной емкости, у которых ротор не соединен с корпусом или у которых совсем нет металлического корпуса (рис. 10-31). Такие конденсаторы очень удобны в том случае, если вы не хотите заземлять ротор.

Существуют конденсаторы переменной емкости, в которых имеются две группы статорных пластин. Один из таких **конденсаторов с разделенным статором** показан на рис. 10-32, *а*. Его конструкция подобна конструкции обычного конденсатора переменной емкости, за исключением того, что здесь статорные пластины разделены на две равные группы, изолированные друг от друга. Половина роторных пластин работает с первой группой статорных пластин, а другая половина роторных пластин — со второй группой статорных пластин. Общая емкость такого конденсатора в 2 раза меньше емкости каждой его половины. Этот конденсатор может быть также использован в качестве обычного конденсатора переменной емкости, если соединить две его статорные секции.

Другим специальным типом является конденсатор переменной емкости типа «бабочка» (рис. 10-32, *б*). Этот конденсатор подобен предыдущему, за исключением того, что его статорные пластины размещены по обе стороны роторного вала. Форма роторных пластин у этого конденсатора подобна крыльям бабочки, благодаря чему возникло название «бабочка». Подсоединение такого конденсатора в схему такое же, как и других типов конденсаторов переменной емкости.

Очень важный тип конденсаторов переменной емкости носит название подстроечных конденсаторов. Они имеют небольшие размеры и применяются для подстройки емкости в резонансных контурах и других цепях высокой частоты. Подстроечные конденсаторы могут быть установлены в каждой секции многосекционного конденсатора для компенсации допусков этих секций.

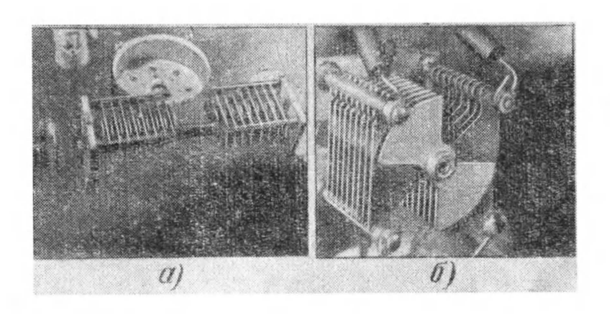


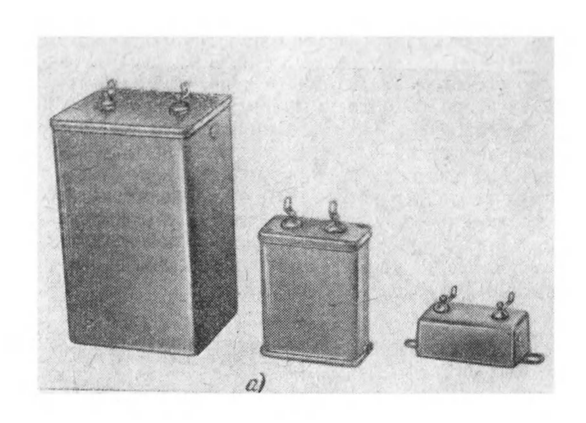
Рис. 10-32. Секционный переменный конденсатор переменной емкости (*а*) и конденсатор типа «бабочка» (*б*).

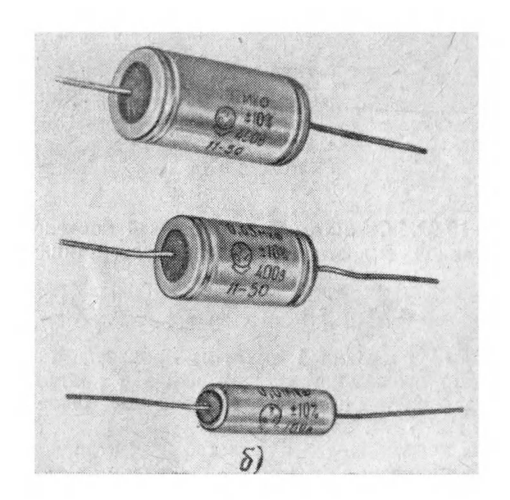
Конденсаторы[1] постоянной емкости, производимые в СССР, по материалу, из которого они изготовлены, подразделяются на бумажные, металлобумажные, пленочные, металлопленочные, слюдяные, керамические, стеклоэмалевые и электролитические.

В бумажных конденсаторах в качестве диэлектрика служит тонкая пропитанная специальным изоляционным составом бумага, а в качестве пластин применяется фольга. Эти конденсаторы выпускаются различных типов на емкости от сотен пикофарад до нескольких микрофарад и на рабочие напряжения в сотни вольт.

Бумажные конденсаторы (рис. 10-33) применяются в качестве разделительных, развязывающих, фильтрующих и других элементов в низкочастотных цепях. Наиболее широко применяются конденсаторы типов КБ (**К**онденсатор **Б**умажный), КБГ (**К**онденсатор **Б**умажный **Г**ерметизированный), БМ (**Б**умажный **М**алогабаритный) и БГМ (**Б**умажный **Г**ерметизированный **М**алогабаритный) и др.

Металлобумажные конденсаторы (рис. 10-34) являются разновидностью бумажных, только в них в качестве пластин (обкладок) вместо фольги используется тонкий слой металла, нанесенный на бумажную ленту. Благодаря этому эти конденсаторы имеют меньшие размеры по сравнению с бумажными при одних и тех же электрических параметрах. Широко распространены типы МБГ (**М**еталлизированный





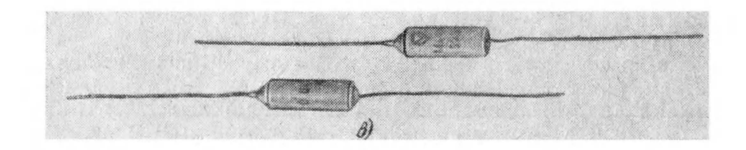
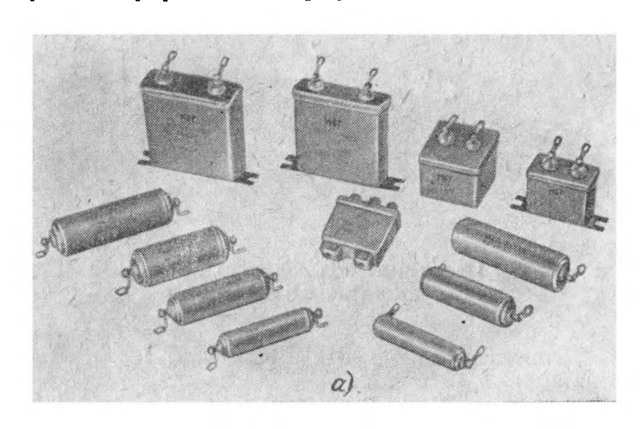


Рис. 10-33. Бумажные конденсаторы.

а — типа КБГ; *б* — типа БМТ; *а* — типа БГМ.

Бумажный **Г**ерметизированный), МБМ (**М**еталлизированный **Б**умажный **М**алогабаритный) и др.

В пленочных и металлопленочных конденсаторах (рис. 10-35) диэлектриком служит тонкая органическая пленка из полистирола, стирофлекса или фторопласта. Обкладками являются



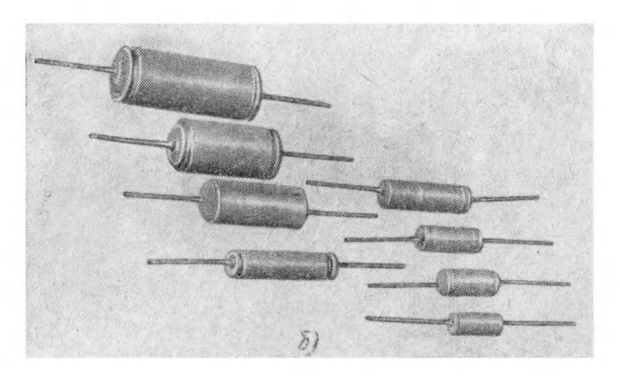


Рис. 10-34. Металлобумажные конденсаторы.

а — типа МБГ; *б* — типа МБМ.

тонкая металлическая фольга (у пленочных конденсаторов) или тонкий металлический слой, нанесенный на диэлектрик. Емкость таких конденсаторов бывает от десятков микрофарад до единиц микрофарад, а рабочие напряжения — в пределах от десятков до тысяч вольт. Примерами этих конденсаторов являются конденсаторы типов ПО (**П**леночный **О**ткрытый), ПМ (**П**леночный **М**алогабаритный), МПГ (**М**еталлопленочный **Г**ерметизированный) и др.

Слюдяные конденсаторы (рис. 10-36) применяются главным образом в высокочастотных цепях. Диэлектриком в них является пластина слюды, а обкладками — листики металлической фольги или напылен-

ное на слюду серебро. Слюдяные конденсаторы имеют емкость в пределах от десятков до нескольких тысяч микрофарад, а рабочие напряжения — сотни вольт. Наиболее распространены конденсаторы типов КСО (**К**онденсатор **С**людяной **О**прессованный), КСГ (**К**онденсатор

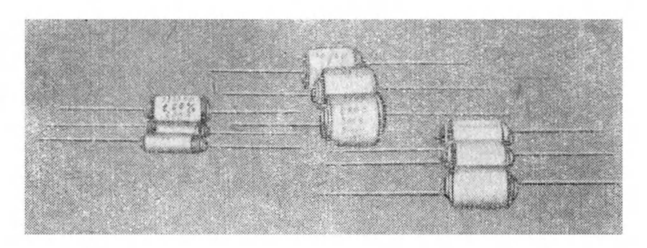


Рис. 10-35. Пленочные конденсаторы типа ПСО (**П**леночные **С**тирофлексные **О**ткрытые).

Слюдяной **Г**ерметизированный) и СГМ (**С**людяной **Г**ерметизированный **М**алогабаритный).

Керамические конденсаторы (рис. 10-37) применяются (так же как и слюдяные) в высокочастотных цепях. Диэлектриком в них служит специальная керамика, обладающая малыми потерями на

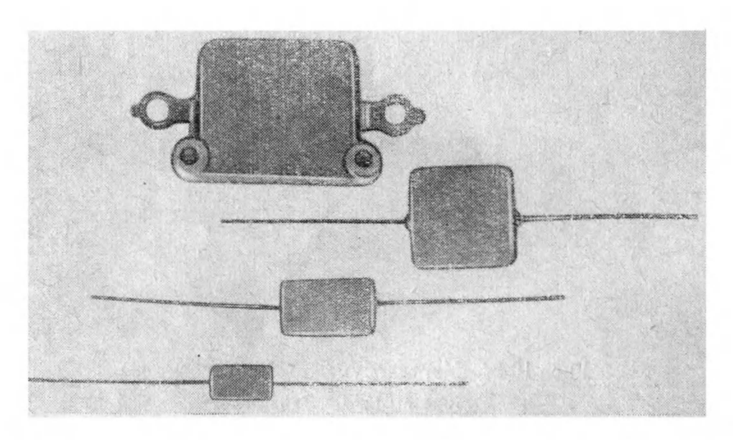


Рис. 10-36. Слюдяные конденсаторы типа КСО

высокой частоте, а обкладками — тонкие слои серебра, нанесенные на поверхности керамики. Емкость керамических конденсаторов бывает от единиц до тысяч микрофарад, а рабочие напряжения — сотни вольт. Наиболее распространенными керамическими конденсаторами являются типы КТМ (**К**ерамический **Т**рубчатый **М**алогабаритный), КДМ (**К**ерамический **Д**исковый **М**алогабаритный), КДУ (**К**ерамические **Д**исковые **У**льтракоротковолновые) и др.

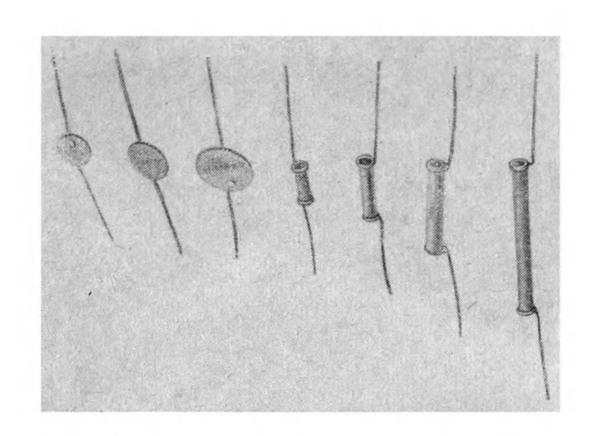


Рис. 10-37. Конденсаторы керамические типов КТК и КДК.

Стеклоэмалевые конденсаторы по своим параметрам близки к керамическим и, следовательно, могут также применяться в цепях высокой частоты. Они сделаны в виде спеченных тонких слоев стеклоэмали и серебра.

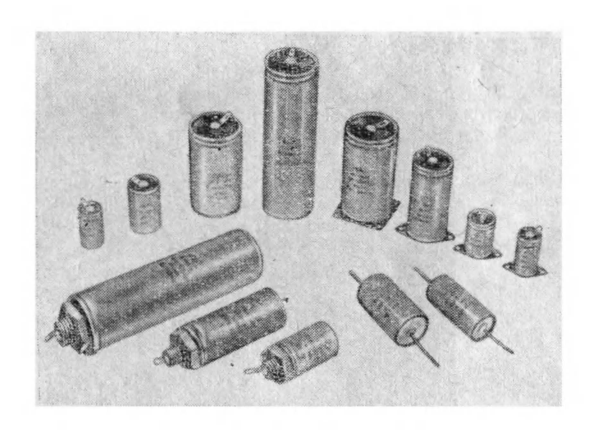


Рис. 10-38. Электролитические конденсаторы типов КЭ и КЭ-2-Н.

Типичными стеклоэмалевыми конденсаторами являются конденсаторы типа КС (Конденсатор Стеклоэмалевый).

Электролитические конденсаторы (рис. 10-38) применяют в цепях с постоянным или пульсирующим напряжением. Диэлек-

триком в них является очень тонкая оксидная пленка, нанесенная электролитическим путем на поверхность алюминиевой или танталовой фольги. Они обладают очень высокими значениями емкостей (до 2 000 *мкф*), но рабочее напряжение обычно не превышает 500 *в*; танталовые электролитические конденсаторы имеют еще более высокую электрическую емкость на единицу объема.

В СССР приняты другие, отличные от американских схемные обозначения конденсаторов (рис. 10-39). Промышленностью изготавливаются конденсаторы с допуском ±5, 10 и 20%. Разделение по номиналам производится так же, как и для резисторов (см. табл. 10-1 и 10-2).

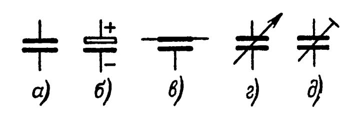


Рис. 10-39. Схемные обозначения конденсаторов.

а — конденсатор нерегулируемый (общее обозначение); *б* — конденсатор электролитический; *в* — конденсатор проходной; *г* — конденсатор переменной емкости; *д* — подстроечный конденсатор.

Конденсаторы переменной емкости изготавливаются на максимальную емкость не свыше нескольких сотен микрофарад, а их рабочее напряжение достигает тысяч вольт.

В зависимости от закона изменения емкости конденсатора от угла поворота его оси конденсаторы переменной емкости подразделяются на логарифмические, прямоволновые и прямочастотные. В радиовещательных приемниках обычно применяют переменные конденсаторы, у которых эта зависимость близка к логарифмической.

Подстроечные конденсаторы применяются для первоначальной настройки высокочастотных колебательных контуров. Они состоят из неподвижного керамического основания (статора) и подвижного керамического диска (ротора).

Емкость подстроечных конденсаторов бывает в пределах от единиц до сотен пикофарад, а рабочее напряжение — сотни вольт.

Наиболее распространенными подстроечными конденсаторами являются конденсаторы типа КПК (**К**онденсаторы **П**одстроечные **К**ерамические).

На принципиальной схеме около условного обозначения конденсатора проставляется значение его емкости. Емкость конденсаторов от 1 до 999 *пф* указывают целым числом пикофарад без указания единицы измерения. Например, емкость 510 *пф* обозначается только числом 510. Емкость более 10 000 *пф* выражают в микрофарадах десятичной дробью без указания единицы измерения. Например, емкость 620 000 *пф* обозначается числом 0,62, а емкость 2 *мкф* — числом 2,0.

КАТУШКИ И ТРАНСФОРМАТОРЫ

Высокочастотные катушки и трансформаторы используются в резонансных контурах и различных трансформаторных устройствах, в которых сигналы или токи высокой частоты (от нескольких килогерц до сотен мегагерц) генерируются, усиливаются, преобразовываются и детектируются.

Внешний вид и схемное обозначение распространенных типов катушек приведены на рис. 10-40.

Низкочастотные катушки и трансформаторы используются для подавления или передачи токов звуковых или промышленных частот

(от 20 до 20 000 *гц*) и состоят из сердечника, набранного из железных пластин, на котором размещены обмотки.

Схемное обозначение низкочастотных катушек, а также вид пластин и полностью собранного дросселя фильтра показаны на рис. 10-41.

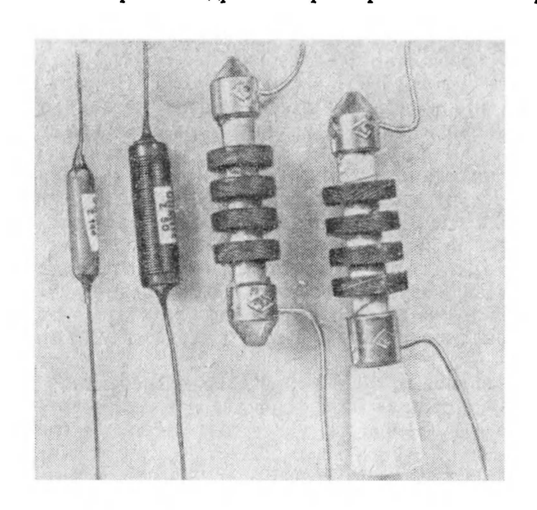


Рис. 10-40. Катушки и трансформаторы, применяющиеся на высоких и промежуточных частотах.

Индуктивность низкочастотных катушек или дросселей измеряется в генри, а протекающий через них ток — в миллиамперах. Индуктивность дросселя увеличивается, когда уменьшается ток, и

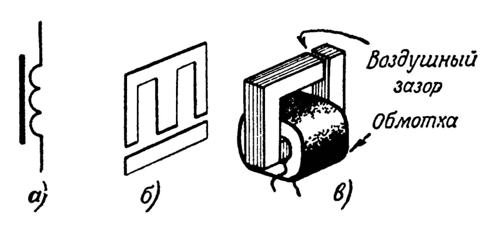


Рис. 10-41. Схемное обозначение низкочастотных катушек (*а*), вид пластин (*б*) и собранного дросселя фильтра (*в*).

наоборот. Это объясняется тем, что материал сердечника обладает свойством магнитного насыщения. Поэтому при покупке или выборе дросселя необходимо проверить величину индуктивности при соответствующем расчетном токе.

Отмеченное выше насыщение сердечника в дросселях фильтров может быть уменьшено путем оставления зазора в материале сердеч-

ника, как показано на рис 10-41. Воздушный зазор включен последовательно в магнитную цепь, а так как воздух не имеет способности к магнитному насыщению, то эта конструкция повышает эффективность дросселя.

В специальном типе дросселя, называемом «задерживающим дросселем», воздушного зазора специально не делают, чтобы иметь высокую индуктивность. Индуктивность такого дросселя падает при увеличении проходящего через него тока. Поэтому эти дроссели используются в качестве фильтров в цепях питания, где требуется постоянство напряжений, при значительных изменениях тока.

От дросселя звуковых частот требуется высокая стабильность индуктивности и других его электрических характеристик по всему относительно широкому диапазону звуковых частот. Подобно дросселям фильтров, они имеют два совершенно равнозначных по способу включения вывода.

Трансформаторы звуковых частот применяются для передачи колебаний звуковой частоты из одной цепи в другую. Наиболее часто они применяются в качестве выходных трансформаторов для передачи сигнала звуковой частоты от выходного усилителя к громкоговорителю.

Размеры звуковых трансформаторов зависят от мощности того устройства, в котором они применяются.

Звуковые трансформаторы могут подключаться в схему либо с помощью проводов, соединенных с соответствующими обмотками трансформатора, либо с помощью штырьков, укрепленных на верхней или нижней поверхности корпуса трансформатора. При первом способе подключения провода, идущие от разных обмоток, различаются с помощью цветового кода; при втором способе штырьки маркируют либо соответствующими буквами, либо каким-либо другим способом, указанным в сопровождающей трансформатор заводской документации.

Модуляционные трансформаторы, используемые в передатчиках, представляют собой выходные трансформаторы, согласующие модулятор с усилителем, подобно тому как согласуются между собой усилитель и громкоговоритель.

Трансформаторы обладают способностью согласовывать сопротивления цепей, которые они связывают. В большинстве случаев оконечный усилитель звуковых частот имеет выходное сопротивление порядка нескольких тысяч ом, в то время как громкоговоритель имеет входное сопротивление, равное единицам ом. Для согласования этих сопротивлений квадрат отношения чисел витков первичной и вторичной обмоток трансформаторов (т. е. квадрат коэффициента трансформации) должен быть равен отношению этих сопротивлений. Например, если первичная обмотка имеет 1 000, а вторичная 100 витков, то коэффициент трансформации равен 10. Следовательно, такой трансформатор может согласовать сопротивления, отношение которых равно 100.

Трансформаторы питания применяются в цепях питания радиотехнических устройств. С их помощью переменное напряжение электросети преобразовывается в различные по величине напряжения, удобные для питания электронных ламп транзисторов и других элементов цепи.

Перед монтажом трансформатора питания необходимо подготовить к включению в схему его соответствующие выводы. На рис. 10-42 дано схемное изображение трансформатора питания и показан стандартный цветовой код, используемый для обозначения его выводных концов. В случае штырьковых выводов обозначение делается с помощью маркировочных букв или цифр или же с помощью соответствующего располо-

жения штырьков относительно друг друга. В последнем случае необходимо прибегнуть к помощи заводской документации.

Предостережение. Трансформаторы питания под напряжением представляют опасность. На его высоковольтной обмотке возникает пиковое напряжение, которое намного больше постоянного напряжения, снимаемого с выпрямителя. Например, в схеме обычного двухполупериодного выпрямителя среднеквадратичное напряжение на вторичной обмотке трансформатора более чем в 2 раза превосходит выходное постоянное напряжение. Пиковое же напряжение на этой обмотке превышает постоянное напряжение в 3 раза. Другими словами, если с выпрямителя снимается 350 *в* (наиболее распространенное значение в радиоприемных устройствах), то пиковое напряжение на вторичной обмотке трансформатора питания обычно бывает не менее 1 000 *в*.

Существует хорошее правило: *никогда не касайтесь выводов работающего трансформатора.* В целях предосторожности при замерах

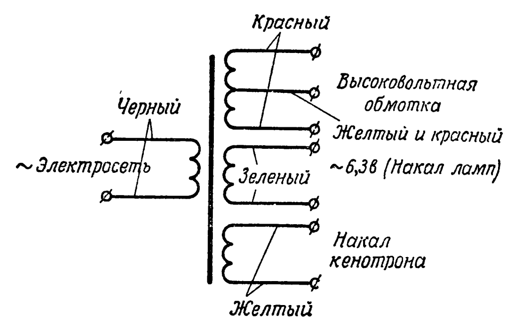


Рис. 10-42. Цветовой код для обозначения выводов трансформатора питания.

напряжения подключайте и отключайте вольтметр, только когда трансформатор обесточен.

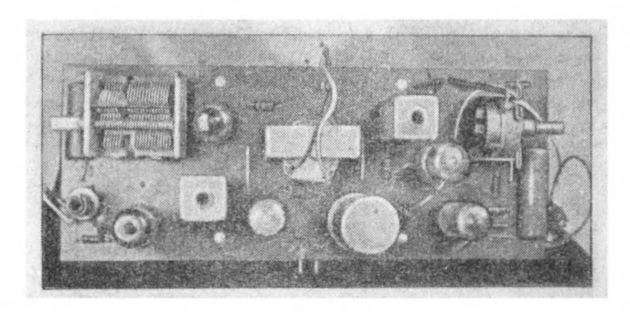
Необходимо иметь хорошую изоляцию на выводных проводах трансформатора. Если плохо изолированный или совсем не изолированный вывод находится слишком близко от какой-нибудь металлической заземленной конструкции или другого трансформаторного высоковольтного вывода, то может возникнуть искрение или появиться электрическая дуга, которая выведет из строя трансформатор и даже может привести к пожару. Чтобы избежать этого, необходимо высоковольтные выводы относить друг от друга (и от других деталей) на возможно бóльшие расстояния.

Убедитесь, что корпус и сердечник трансформатора питания заземлены. Если этого не сделать, то в случае короткого замыкания высоковольтной обмотки с сердечником корпус трансформатора вместе с сердечником окажутся под высоким напряжением по отношению к земле. Если же корпус и сердечник заземлены, то подобное короткое замыкание приведет лишь к перегоранию пробки или перегрузке электросети.

Почти все трансформаторы прикрепляются к шасси при помощи болтов или винтов. Однако монтажные отверстия часто делаются на шасси, поверхность которого имеет изоляционное покрытие. В этом случае для получения хорошего контакта между шасси и трансформатором необходимо зачистить головку крепежного болта или винта.

ПЕЧАТНЫЕ СХЕМЫ

В печатных схемах (рис. 10-43) проводники, сделанные из медной фольги, прикрепляются тем или иным способом к изоляционному основанию. Одно из главных достоинств печатных схем заключается в том, что, применяя фотографические методы, можно получить очень много дешевых дубликатов. В радиолюбительской практике изготовление печатных схем не создает особых преимуществ, так как они обычно из-



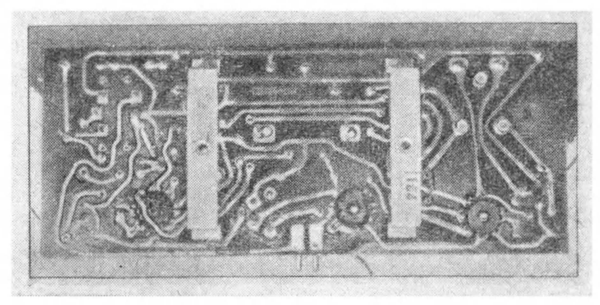


Рис. 10-43. Блок радиотехнического устройства, собранный на печатной плате.

готавливаются только в одном экземпляре. Однако вследствие того что печатные схемы довольно часто входят в радиолюбительские наборы готовых деталей, а также широко используются в радиопромышленности, необходимо сделать в отношении них некоторые замечания.

При изготовлении печатных схем, а также при их ремонте необходимо помнить, что печатные проводники очень хрупки. Надо обращаться с ними таким образом, чтобы они не отходили от изоляционного основания. Кроме того, при пайке деталей на плате старайтесь не допускать различных вибраций и проколов печатных проводников. Несоблюдение этих правил может привести к различным неисправностям печатных схем.

Печатные схемы могут также прийти в негодность от слишком большого перегрева. Причиной такого перегрева может быть неправильно подобранный паяльник. Чтобы не допустить перегрева при

пайке, рекомендуется пользоваться припоем ПОС-61 и применять маломощные паяльники с жалом карандашного типа.

Некоторые детали (например, ламповые панели) делают специального типа для удобства применения их в печатных схемах. При уста-

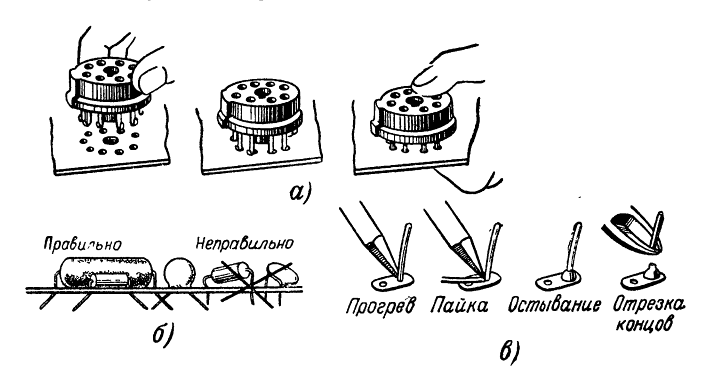


Рис. 10-44. Как монтируются некоторые детали в печатную схему.

а — установка ламповой панели; *б* — установка конденсаторов и резисторов; *в* — пайка.

новке такой ламповой панели ее выводы, сделанные из жесткого провода, протягиваются через отверстия в изоляционной плате на ту сторону, где расположены печатные проводники. Затем панель укрепляется на этой плате путем подгиба выводов к соответствующим печатным проводникам. После этого производится пайка. Другие небольшие

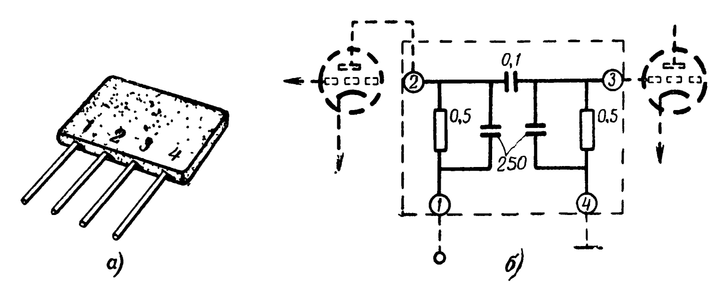


Рис. 10-45. Типичный малогабаритный печатный блок закрытого типа (*а*) и его изображение на схеме (*б*).

радиодетали, такие, как конденсаторы и резисторы, устанавливаются в печатные схемы таким же образом (рис. 10-44).

Иногда по какой-либо причине может возникнуть необходимость в замене радиодетали, ранее установленной в печатной схеме. Для этой цели необходимо распаять припой в местах соединения этой детали с печатной схемой и затем вынуть ее. Если нельзя применить этот способ, то нужно бокорезами разрезать деталь и выпаять из схемы ее куски.

Печатные блоки для небольших участков электрических схем часто делают закрытого типа. Каждый такой блок состоит из небольшого количества печатных деталей, соединенных в соответствующую схему. Это позволяет применить меньшее количество монтажных выводов.

Типичный малогабаритный печатный блок закрытого типа и его изображение на принципиальной схеме показаны на рис. 10-45.

ПАНЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Панельные измерительные приборы (рис. 10-46) используются в тех устройствах, где необходимо производить время от времени замеры напряжений, токов и других величин. Схемное обозначение электроизмерительного прибора состоит из кружка, внутри которого стоит условное обозначение измеряемой величины. Например: *A* — амперметр; *V* — вольтметр; *W* — ваттметр; Ω — омметр и др.

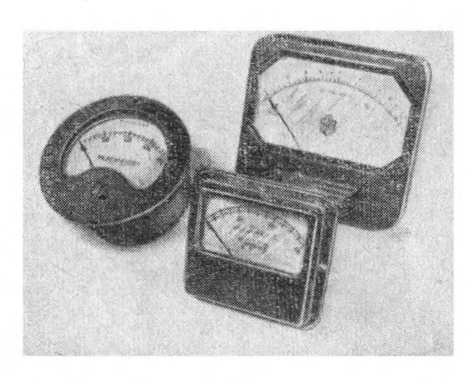


Рис. 10-46. Панельные измерительные приборы.

Измерительные приборы постоянного тока имеют соответствующую полярность. Если подключить их неправильно, то указательная стрелка пойдет в противоположную сторону. Полярность прибора обычно указывается с помощью обозначения «+», изображенного на задней части корпуса на соответствующем монтажном выводе.

Измерительные приборы обычно работают нормально, если они смонтированы на панели, сделанной из немагнитного материала. Некоторые измерительные приборы очень чувствительны к железу или стали и дают неправильные показания, если они смонтированы на панелях, сделанных из этих материалов. Поэтому, прежде чем устанавливать выбранный вами прибор на стальную панель, убедитесь, что он будет нормально работать при этих условиях.

Если вы сомневаетесь в правильности полярности измерительного прибора, то проверьте путь измеряемого тока с помощью принципиальной схемы. Электронный поток должен попадать на прибор через вывод, обозначенный «—» (или не обозначенный), и выходить из прибора через вывод, отмеченный «+».

РОТОРНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Роторные переключатели очень распространены в самых различных радиотехнических устройствах, так как они способны одновременно переключать большое количество электрических цепей с помощью ручки, установленной на панели.

Внешний вид распространенных типов переключателей и их схемное обозначение показаны на рис. 10—47.

Роторный переключатель представляет собой пластину из изоляционного материала, на которой установлены подвижные и неподвижные контакты. Подвижные контакты укреплены на внутренней вращающейся части пластины, а неподвижные — на внешней части её.

Переключатель может состоять из нескольких таких пластин, установленных на общем валу. Переключаемые цепи подсоединяются к неподвижным контактам. Такие конструкции переключателя широко применяются в различных радиоустройствах. Некоторые переключатели имеют только один вращающийся контакт, который по очереди подключается к другим неподвижным контактам. Другие же снабжены несколькими вращающимися контактами. Роторные переключатели имеют специальное стопорное устройство, с помощью которого достигается ступенчатое переключение контактов.



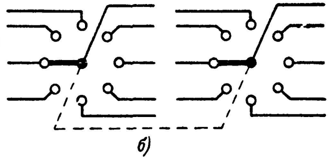


Рис. 10-47. Роторные переключатели (*а*) и их схемное обозначение (*б*).

Существуют самые разнообразные конструкции роторных переключателей. Радиолюбителю удобно приобретать роторные стандартные переключатели.

Различные типы стандартных переключателей могут иметь от 1 до 6 секций, способных переключать от 1 до 18 цепей и иметь при этом до 12 позиционных положений. Можно также составлять различные переключатели из готовых пластин и стопорных механизмов.

При монтаже переключателей надо очень осторожно подпаивать монтажные провода к их контактам. Западание кусочков припоя внутрь конструкции может привести переключатель в негодность. Поэтому при пайке старайтесь так наклонить переключатель, чтобы избежать западания в него кусочков припоя. Не допускайте, чтобы различные массивные предметы имели соприкосновение с контактами пластин переключателя. Если контакты будут часто изгибаться, то может возникнуть явление так называемой «усталости» металла, в результате чего контакты могут потерять свою упругость и сломаться. Порядок подключения монтажных проводов к контактам переключателя зависит от характера работы переключаемых цепей.

РЕЛЕ

Реле — устройство для управления одной электрической цепью с помощью тока, проходящего в другой (отличной от первой) независимой электрической цепи. Например, высоковольтные цепи могут включаться и выключаться при помощи безопасных низковольтных цепей.

Внешний вид реле показан на рис. 10-48. Схемное обозначение реле и его контактов показано на рис. 10-49.

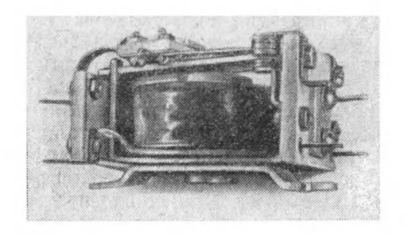


Рис. 10-48. Реле.

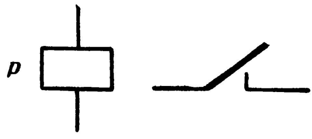


Рис. 10-49. Схемное обозначение реле и его контактов.

Монтажные провода обычно подпаиваются к штырьковым выводам реле. Правильность монтажа можно проверить с помощью принципиальной схемы.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Громкоговоритель — устройство для преобразования энергии электрического сигнала в энергию звуковых волн. Громкоговорители применяются в радио- и телевизионных приемниках, а также в специальной испытательной и контрольной аппаратуре.

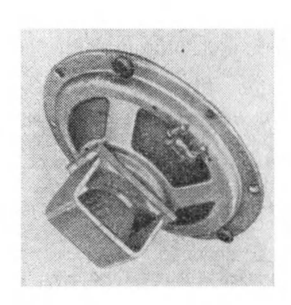


Рис. 10-50. Громкоговоритель.

Внешний вид громкоговорителя показан на рис. 10-50, а его схемное обозначение — на рис. 10-51.

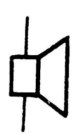


Рис. 10-51. Схемное обозначение громкоговорителей.

Путем взаимодействия переменного магнитного поля, созданного током звуковой частоты, протекающим в звуковой катушке, с сильным полем постоянного магнита приводится в движение конический диффузор громкоговорителя. В результате этого в окружающее пространство излучаются звуковые волны. В специальных случаях излучатель может быть сделан в виде диафрагмы, установленной в горловине рупора.

Громкоговорители различают по диаметру конуса, номинальной мощности и частотным характеристикам.

Диаметр конуса может быть от 25,4 до 508 *мм*. Большие конусы обычно имеют лучшие характеристики на низких частотах. Но эти характеристики также зависят от других конструктивных особенностей, и от окружающего пространства, в котором расположен громкоговоритель.

Номинальная мощность обычных типов громкоговорителей бывает от долей ватта до 50 *вт*.

Частотные характеристики громкоговорителей следующие: дешевые малогабаритные типы имеют характеристику 100—4 000 *гц*, специальные типы — примерно от 20 до 12 000 *гц*.

Громкоговорители разделяются на два основных типа: электродинамические и с постоянным магнитом. Электродинамические громкоговорители имеют четыре вывода, а громкоговорители с постоянным магнитом — только два.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

ПРОКЛАДКА ЦЕПЕЙ

Начинающий конструктор при прокладке цепей должен аккуратно следовать намеченному заранее определенному плану в виде чертежа или монтажной схемы.

На первом этапе, когда у вас еще нет практического опыта, вы столкнетесь с тем фактом, что чертежи и монтажные схемы не содержат в явном виде многих конструктивных подробностей, необходимых при монтаже, и вам придется дополнять самим эти данные, составляя в процессе монтажа собственные планы прокладки цепей.

Последующее изложение построено с расчетом на то, что все планирование вы будете производить самостоятельно. Однако во всех случаях, когда под рукой имеется руководство, содержащее какие-либо данные по прокладке цепей, всегда необходимо максимально использовать его.

По мере приобретения опыта у вас будут развиваться и совершенствоваться собственные методы, которые позволят вам постоянно упрощать монтажные работы и улучшать их качество. Но на первых порах вам придется шаг за шагом следовать указаниям инструкций. Результат такого подхода не замедлит сказаться, поскольку подобные инструкции, как правило, составляются знающими дело специалистами накопившими практический опыт при изготовлении большого количества различной радиоаппаратуры. Помимо того, что, следуя таким инструкциям, вы правильно проведете работу, у вас появится определенный опыт монтажа.

При составлении инструкций, приведенных ниже, автор исходил из того, что читателю придется делать все или почти все из того, что им будет задумано.

КРАТКИЙ ОБЗОР МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Перед началом монтажа необходимо разложить на шасси все необходимые детали, за исключением тех узловых деталей, а также вспомогательных шасси и панелей, которые могут затруднить монтаж основного шасси и которые, как правило, собираются перед этим. На рис. 11-1 показан блок, собранный и подготовленный для монтажа.

Прежде чем начать работу, внимательно осмотрите участок, на котором вы собираетесь монтировать, и продумайте возможные варианты монтажа. Часто качество и эффективность монтажа зависят от того, насколько правильно и последовательно выполнены все опера-

ции, начиная с самых простых и элементарных. Готовясь к выполнению монтажных операций и выполняя их, обратите особое внимание на приведенные ниже вопросы.

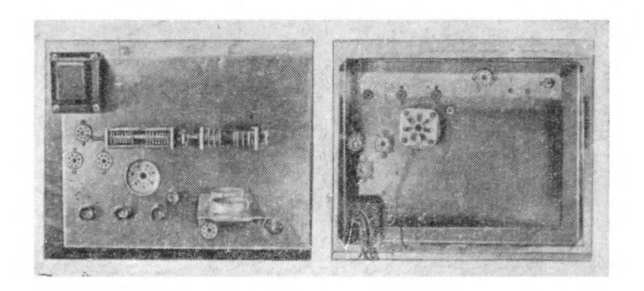


Рис. 11-1. Верхний и нижний виды шасси (с основными деталями и монтажными отверстиями), готового для монтажа.

Все ли необходимое имеется в наличии и правильно ли оно размещено?

Постарайтесь не начинать монтажа до тех пор, пока все детали не будут у вас под рукой и пока они не будут размещены по возможности на своих местах.

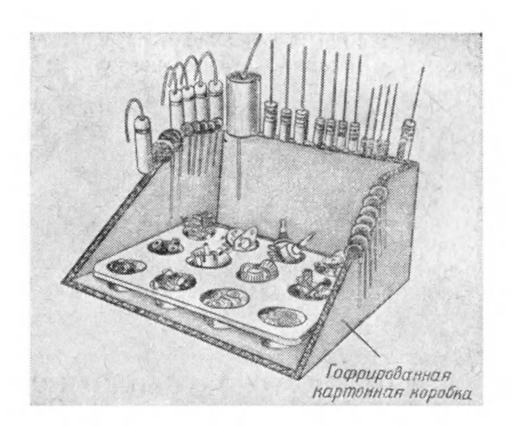


Рис. 11-2. Коробка для хранения деталей перед монтажом.

Конечно, можно подразумевать недостающие детали, мысленно оставляя для них место на шасси, но все-таки менее вероятно, что вы допустите ошибку при монтаже, если все детали будут в наличии заранее. Проверьте все собранные детали и убедитесь, что они размещены

наиболее благоприятным образом для обеспечения короткого, прямого и простого соединения их.

Оставшиеся детали разложите, как показано на рис. 11-2, с тем чтобы они были под рукой, когда понадобятся.

Какие участки шасси будут наиболее перегружены деталями и что необходимо предпринять, с тем чтобы обеспечить доступ ко всем участкам и на всех этапах монтажа?

Например, если дроссель или небольшой накальный трансформатор необходимо разместить под шасси, то они могут закрыть собой ламповую панель или монтажный лепесток. В этом случае дроссель или трансформатор необходимо монтировать в последнюю очередь, т. е. после того, когда под ними будут смонтированы и установлены все детали.

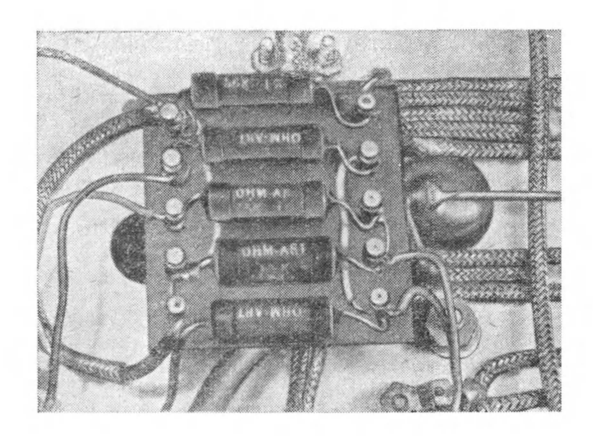


Рис. 11-3. Пример использования в приборе вспомогательной панели.

Вспомогательные шасси и панели (субшасси и субпанели) также могут затруднить монтаж, если установить их слишком рано.

Имеются ли участки схемы, на которых возможно высокое напряжение, и как разместить высоковольтные провода?

Если этого заранее не предусмотреть, то это может привести к большим затруднениям, после того как такие участки будут загромождены деталями низковольтных цепей.

Какой монтаж на вспомогательных панелях и других вспомогательных устройствах необходимо проводить в первую очередь, с тем чтобы облегчить проведение общего монтажа схемы и допустить при этом минимальное число ошибок?

Пример вспомогательной панели приведен на рис. 11-3. Это пластмассовая пластина, в которую вмонтированы соединительные узловые зажимы. Необходимые детали монтируются на вспомогательной панели таким образом, чтобы было удобнее подводить к ним провода через соответствующие зажимы, соединяющие их с остальными цепями. Чем больше деталей удастся расположить на пластине, тем больше преимуществ будет иметь такая планировка.

Все соединения на пластине должны быть сделаны до того, как панель будет смонтирована на основном шасси; таким образом, доступ ко всем узловым точкам будет легким. Такой же принцип монтажа применяется и в отношении других вспомогательных устройств.

Не монтируйте более хрупкие детали, такие, как измерительные приборы, электронные лампы и транзисторы, до тех пор, пока не будет закончен монтаж блока. Это необходимо для того, чтобы избежать их поломки при монтаже, когда приходится двигать и переворачивать шасси. Кроме того, некоторые транзисторы чувствительны к переменным токам, которые могут попасть на них из цепи питания через паяльник.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ МОНТАЖА

Последовательность выполнения операций монтажа обеспечивает его максимальную эффективность и качество.

Опытные монтажники придерживаются в своей практике своих собственных правил, но в общем они выполняют монтаж в такой последовательности:

прокладка на основном шасси цепей накала и заземления;

прокладка цепей на субпанелях, субшасси и других вспомогательных устройствах (выполняется отдельно);

разделение схемы на участки, которые можно монтировать последовательно;

монтаж первой секции (участка);

проверка монтажа первой секции;

монтаж остальных секций, делая каждый раз остановку для проверки правильности монтажа законченной очередной секции (монтируйте вспомогательные панели, шасси и направляющие панели по мере необходимости);

закончив работу, проверьте полностью весь блок.

ОСНОВЫ ТЕХНИКИ МОНТАЖА

Для проведения монтажа электрических соединений необходимы пара длинногубцев, диагональные кусачки и паяльники. Весьма необходимо также приспособление для зачистки проводов.

Основу монтажных работ составляет прокладка подвесных проводов, которые должны припаиваться к исходным лепесткам, затем определенным образом протаскиваться и запаиваться по назначению на оконечные лепестки.

Последовательность основных операций подсоединения проводов к монтажным лепесткам показана на рис. 11-4. Сначала отрезают провод соответствующей длины и залуженный конец его закрепляют на начальном лепестке (рис. 11-4, *а*). Затем провод протягивают к точке назначения и отрезают с учетом монтажных изгибов (рис. 11-4, *б*). Конец провода прикрепляют к оконечному лепестку (рис. 11-4, *в*).

Описанные операции применимы при прокладке одиночных проводов, которые составляют основу монтажа. Если же вы имеете дело с кабелем или жгутом, то процедура прокладки будет отличаться от описанной.

Если провода кабеля идут по всему пути без отводов, то, очевидно, удобнее будет сначала соединить все провода на одном конце

кабеля, а затем на другом. Если кабель имеет отводы, то можно соединять каждый из них тогда, когда вы подойдете к участку цепи, к которой данный отвод должен быть присоединен.

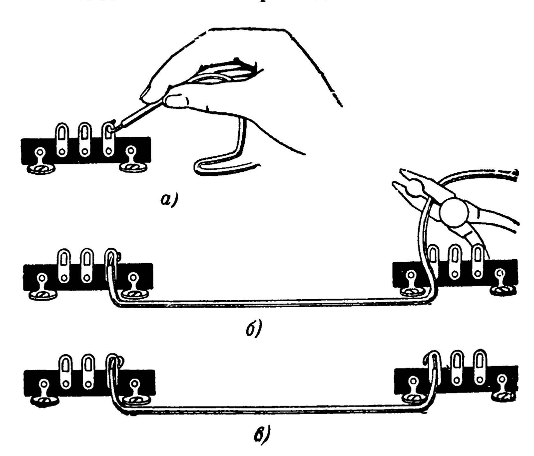


Рис. 11-4. Последовательность основных монтажных операций подсоединения проводов к монтажным клеммам.

Никогда не прикрепляйте более чем три провода к одному лепестку. Если к одному лепестку будет подходить много проводов, то трудно будет сделать хорошее соединение.

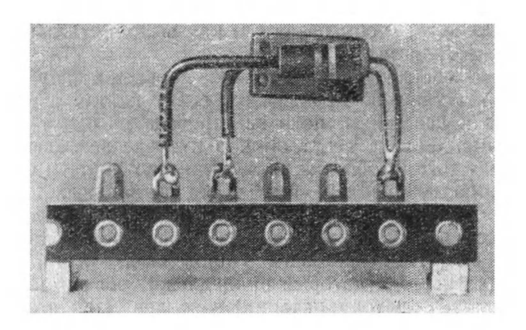


Рис. 11-5. Использование изоляционных трубок для изоляции выводов деталей и монтажных проводов.

Если окажется, что в одном месте сходится много проводов, то необходимо использовать добавочный наконечник и соединитель между лепестками.

Когда вы имеете дело со сравнительно длинными оголенными выводами деталей, которые проходят между другими соединительными проводами, то необходимо изолировать эти выводы. Это можно сделать с помощью изоляционных трубок, называемых часто кембриковыми изоляционными трубками (рис. 11-5).

ПРОКЛАДКА ЦЕПЕЙ НАКАЛА И ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Накальные и заземляющие цепи монтируют обычно в первую очередь, поскольку они должны располагаться вблизи шасси, ламповых панелей и других деталей, которые соединяются с корпусом и, следовательно, лежат ниже остальных проводов. Под заземлением предполагаются как соединения, которые идут от цепи накала прямо на корпус, так и те, которые идут к корпусу через конденсатор.

В высокочастотных усилителях и других ВЧ цепях каждое заземление, указанное на чертеже, в инструкции, на монтажной схеме или в конструктивном описании, должно точно выполняться, поскольку оно оказывает большое действие на работу устройства.

На практике шасси всех радиоустройств находятся под нулевым потенциалом. Заземление может производится через зажимы металлического кольца, окружающего ламповые панели или другие детали, или через зажимы, смонтированные на шасси специально для этих целей. Эти заземления могут быть эффективными только в том случае, если зажимы надежно припаяны к шасси. Если шасси изготовлено из неокрашенного алюминия, то хороший контакт обеспечивается автоматически. Если же шасси окрашено с внешней и внутренней сторон, то в местах предполагаемого заземления оно должно быть тщательно зачищено. Не создавайте контакт с корпусом лишь за счет касания боковой поверхности винтов в отверстиях; обеспечьте плотное касание с корпусом всей плоской поверхности головки винта.

Привыкайте заглядывать вперед и мысленно представлять себе те операции по прокладке проводов, которые вам предстоит сделать. Это нужно для того, чтобы перед тем как выполнять пайку, были проложены все необходимые провода.

Не всегда бывает удобно сводить все провода в одну узловую точку одновременно. Лучше не производить сразу пайку, а просто прикрепить провода к лепесткам, пока все провода не будут присоединены.

Накальные провода ведут обычно к точке заземления по шасси. Это делают для того, чтобы они не мешали друг другу и чтобы избежать появления фона переменного тока в ВЧ сигнальных цепях.

В распространенной трансформаторной схеме соединения цепей питания шасси работает как один из проводов накала, соединенный параллельно с другими накальными проводами. Иными словами, один зажим питания накала (который принадлежит обычно накальному или основному трансформатору питания) заземлен. При этом один из лепестков цепи накала в каждой из ламповых панелей также заземляется. Другой провод цепи накала, потенциал которого выше потенциала шасси, должен быть изолирован от него.

Для проводки накальных цепей можно пользоваться как одножильными, так и многожильными проводами. Важно лишь, чтобы сечение провода было рассчитано на большой ток накала.

В бестрансформаторной схеме питания нити накала ламп соединяются в определенные группы или комбинации групп, причем шасси в этих случаях не может быть использовано в качестве одного из про-

водников накальной цепи. В этом случае все провода, за исключением одного заземленного конца, должны быть изолированы от шасси (минуса источника питания).

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПАНЕЛИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ШАССИ

Преимущество применения вспомогательных панелей состоит в том, что их монтаж можно производить отдельно от основного шасси, обеспечивая таким образом максимальный подход к деталям и соединительным точкам монтажа.

Схема и монтаж должны быть выполнены так, чтобы соединения с деталями на главном шасси были и самыми короткими, и самыми прямыми (см. рис. 11-3).

СЕКЦИИ МОНТАЖНОЙ ЦЕПИ

Как было сказано выше, монтаж легче производить по отдельным секциям; эти секции могут различаться или по функциональным признакам (УПЧ, УВЧ, УНЧ), или по физическим (все соединения с трансформатором питания), но часто может быть и комбинация обоих признаков. Разделение на секции упрощает контроль проведенной работы; проверка может быть визуальной, а в отдельных случаях и электрической.

Например, многие радиолюбители любят выполнять блок питания в первую очередь и проверять его электрическим путем (после визуальной проверки) с использованием измерительных приборов.

Если деталей много, хорошо, перед тем как производить пайку, разложить их в том месте, где они должны быть припаяны (например, вокруг ламповой панели). Затем нужно сделать ряд перестановок в расположении деталей, для того чтобы найти наиболее удобное расположение их (рис. 11-6).

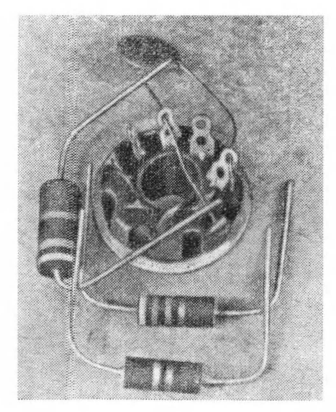


Рис. 11-6. Расположение деталей вокруг ламповой панели по оптимальному плану для удобства монтажа.

Вывод детали перед пайкой нужно обязательно загнуть.

Многие радиолюбители проверяют соединения после окончания монтажа путем сверки со схемой. Пример такой проверки показан на рис. 11-7; после проверки каждой цепи схемы ее зачеркивают карандашом. Этот метод можно использовать и при работе с монтажной схемой. Для того чтобы при этом не портить схему, можно, наложив на нее сверху кальку, делать пометки на кальке. Если у вас имеется копия схемы, то пометки можно делать на ней.

При монтаже вам необходимо будет принимать и самостоятельные решения. Прежде чем начинать пайку, необходимо решить, потребуются

ли дополнительные узловые точки. Проверьте наличие неиспользованных лепестков ламповых панелей и других деталей, которые могут быть использованы в качестве узловых точек монтажа.

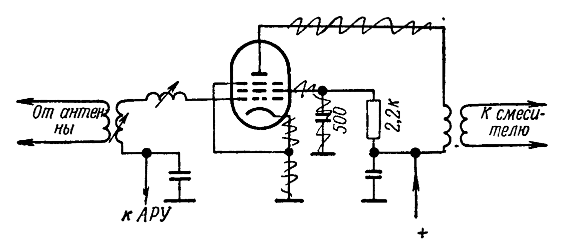


Рис. 11-7. Проверенные цепи на схеме зачеркивают карандашом.

Некоторые типы монтажных панелей с лепестками показаны на рис. 11-8. Большинство лепестков изолировано от корпуса, но один-два являются, как правило, продолжением консоли или кронштейна,

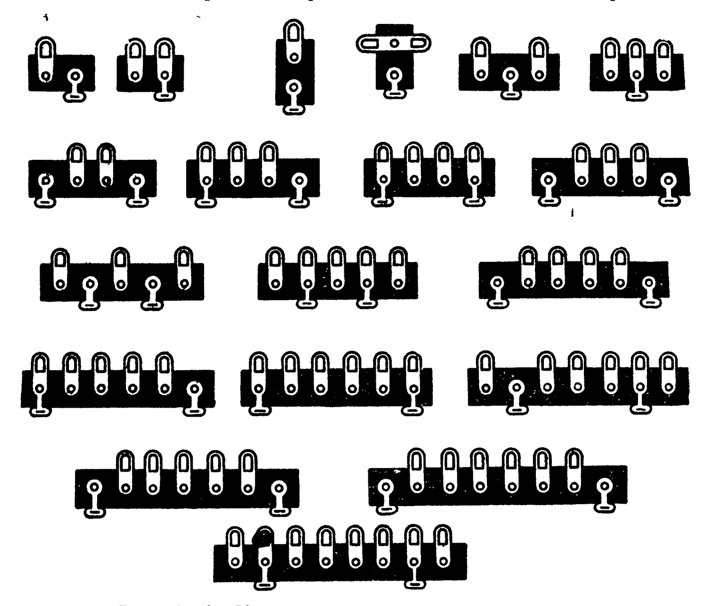


Рис. 11-8. Монтажные панели с лепестками.

с помощью которых панель соединяется с шасси. Поэтому они могут быть использованы для заземления.

При выполнении монтажа секций помните о вспомогательных панелях или других приспособлениях, которые могут быть добавлены, и запланируйте, когда их лучше всего включить в общую цепь.

ПРОВЕРКА МОНТАЖА

Даже наиболее опытные монтажники делают ошибки. Естественно начинающие радиолюбители будут делать их множество. Весьма важно найти эти ошибки перед тем, как работа закончена, или по крайней мере до того, как вы включите вашу схему.

Хотя у вас, наверняка будет свой собственный метод проверки, тем не менее вы можете многому научиться, перенимая методы, используемые другими монтажниками.

Во-первых, хорошо научитесь перепроверять каждое соединение после того, как оно сделано. Когда провод протянут и соединен с двух сторон, остановитесь и проследите, как он идет, сверяясь с принципиальной схемой или монтажной схемой, чтобы убедиться в правильности выбора исходной точки и точки назначения, между которыми проходит провод.

Во-вторых, после того как вы закончили монтаж цепей, остановитесь и проследите, как вы соединили каждый провод. Такая визуальная проверка часто позволит вам обнаружить допущенные ошибки. Если вы нашли ошибку, необходимо сразу же ее исправить. Если это дело отложить, то можно забыть про ошибку.

Многие монтажники любят проводить простые электрические проверки собранной схемы. Они описаны в гл. 13.

Новичкам рекомендуется проводить проверку собранного монтажа по крайней мере 3 раза: первый раз — после каждого соединения, второй раз — после окончания каждой секции и третий раз — после окончания всей работы.

Другой хороший способ — проверка между этапами монтажных работ, т. е. если вы осуществляете монтаж в два или более этапов, необходимо проверить то, что было сделано в последний раз.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

КАТУШКИ И НАМОТКА КАТУШЕК

Катушки служат для создания в электрической цепи определенной индуктивности. Они применяются в самых разнообразных радиотехнических устройствах. Применение той или иной катушки зависит от назначения цепи, в которой она будет работать.

Катушки по существу являются единственным типом деталей, поддающимся изготовлению в домашних условиях.

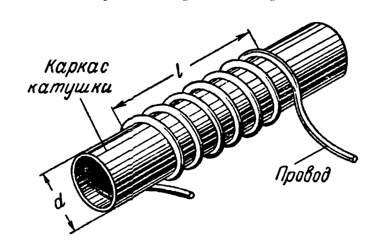


Рис. 12-1. Простой соленоид.

Простейшим видом катушки является соленоид. Он состоит из проводника, намотанного спиралью на цилиндрический каркас (рис. 12-1). Соленоид может быть также и бескаркасного типа Катушка может иметь любое количество витков; чем больше витков, тем больше ее индуктивность. Некоторые катушки имеют, например, тысячи витков,

а другие — только один виток. Существуют катушки, имеющие многослойную структуру, а также различное расположение витков по отношению друг к другу. Прежде чем познакомиться с ними, рассмотрим некоторые основные характеристики катушек.

ИНДУКТИВНОСТЬ КАТУШКИ

Индуктивность является наиболее важной характеристикой катушки. Большинство типов катушек используется в колебательных контурах, резонансная частота которых зависит от индуктивности катушки.

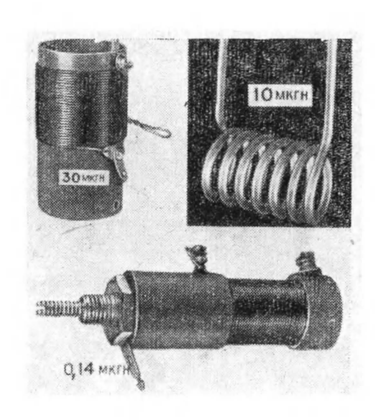


Рис. 12-2. Различные типы катушек и значения их индуктивности.

Для точной настройки прибора весьма важно знать значение индуктивности, применяемой в соответствующей электрической цепи. Единица измерения индуктивности называется генри (*гн*). Один генри— очень большая единица. Катушка, обладающая такой индуктивностью, должна состоять из тысячи витков, намотанных на железном сердечнике. Высокочастотные катушки обычно имеют индуктивность намного меньше 1 *гн*, и поэтому на практике приходится прибегать к помощи более мелких единиц. Эти единицы носят название миллигенри и микрогенри. Между этими единицами имеются следующие соотношения: 1 *гн* = 1 000 миллигенри (*мгн*) = 1 000 000 микрогенри (*мкгн*), или 1 *гн* = 10^3 *мгн* = 10^6 *мкгн*.

Некоторые виды катушек и значения их индуктивностей показаны на рис. 12-2.

Индуктивность простого соленоида рассчитывается по формуле

$$L = \frac{0{,}1 d^2 n^2}{45d + 100l} \ [\textit{мкгн}],$$

где l и d — размеры, *мм*, указанные на рис. 12-1;
n — число витков катушки.

Пример. Какова индуктивность катушки длиной 5 *мм*, состоящей из 12 витков, намотанных на каркас диаметром 10 *мм?*

Ответ:

$$L = \frac{0{,}1 \cdot 10^2 \cdot 12^2}{45 \cdot 10 + 100 \cdot 5} \approx 1{,}5 \ \textit{мкгн}.$$

Эта формула имеет приближенный характер, так как в ней не учтены некоторые параметры катушки. Однако точность, с которой определяется по ней индуктивность, вполне достаточна для радиолюбителя, который при изготовлении катушки может подогнать индуктивность методом последовательного приближения. Кроме того, во многих радиотехнических устройствах можно скомпенсировать отклонения индуктивности с помощью конденсатора переменной емкости.

Зависимость резонансной частоты колебательного контура от его емкости и индуктивности выражается следующей формулой:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

где f — резонансная частота колебательного контура;
L — индуктивность катушки, *гн*;
C — емкость конденсатора, *ф*;
$\pi = 3{,}1416$.

В радиотехнике наиболее часто употребляются следующие единицы: мегагерцы, микрогенри или миллигенри, микрофарады или пикофарады. Поэтому на практике вместо приведенной выше формулы более удобно применять следующие:

$$f^2 = \frac{0{,}02533}{LC},$$

где f — частота, *Мгц*;
L — индуктивность, *мгн*;
C — емкость, *мкф*,

и

$$f^2 = \frac{25{,}330}{LC},$$

где f — частота, *Мгц*;
L — индуктивность, *мгн*;
C — емкость, *пф*.

Пример. 1. Какова резонансная частота колебательного контура, состоящего из катушки индуктивностью 1,5 *мгн* и конденсатора емкостью 0,01 *мкф?*

Ответ:

$$f = \sqrt{\frac{0{,}02533}{1{,}5 \cdot 0{,}01}} = \sqrt{1{,}687} = 1{,}298 \text{ Мгц} = 1\,298 \text{ кгц}.$$

Пример 2. Какова резонансная частота колебательного контура, состоящего из катушки индуктивностью 0,3 *мгн* и конденсатора емкостью 0,01 *пф?*

Ответ:

$$f = \sqrt{\frac{25{,}330}{0{,}3 \cdot 10}} = \sqrt{8443{,}3} = 91{,}9 \text{ Мгц}.$$

Пример 3. Какова индуктивность катушки, необходимой для получения резонансной частоты 28 *Мгц* в колебательном контуре, в состав которого входит конденсатор емкостью 20 *пф?*

Ответ:

$$L = \frac{25{,}330}{f^2 C} = \frac{25{,}330}{(28)^2 \cdot 20} = 1{,}62 \text{ мкгн}.$$

СОБСТВЕННАЯ ЕМКОСТЬ КАТУШКИ

Было бы желательно, чтобы катушки обладали только одной индуктивностью, однако на практике оказывается, что катушка не является идеальной. Она обладает еще так называемой собственной ем-

костью. Как показано на рис. 12-3, каждый виток катушки образует конденсатор с соседними витками и — в меньшей степени — с остальными витками катушки и с шасси. Эту емкость можно рассматривать как добавочный конденсатор, подключенный к выводам катушки, емкость которого обычно называют собственной емкостью катушки.

Наличие собственной емкости приводит к следующим результатам: появляются резонансные колебания в катушках бескаркасного типа; уменьшается коэффициент перекрытия частот в колебательном контуре и, так как собственная емкость имеет в качестве диэлектрика изоляцию проводов и каркас катушки, эти диэлектрические материалы являются источниками дополнительных потерь.

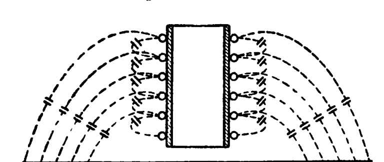


Рис. 12-3. Собственная емкость катушки.

Приведенные выше явления отрицательно влияют на работу катушки, но в некоторых случаях их можно применить для пользы дела. Так, например, саморезонирующие катушки часто применяются в радио- и телевизионных приемниках.

Часто бывает необходимо свести собственную емкость катушки к минимуму. Для этой цели используют катушки с различными видами намотки, о которых будет рассказано ниже в этой главе.

ДОБРОТНОСТЬ КАТУШКИ

Все катушки обладают активным сопротивлением. Это сопротивление является причиной потерь в катушках, работающих в высокочастотных колебательных контурах. Для повышения эффективности катушки ее сопротивление должно быть как можно меньшим. В катушках также существуют другие причины потерь — диэлектрические потери и потери в сердечнике.

Оценку эффективности катушки производят по величине добротности, обозначаемой Q. Добротность есть отношение индуктивного сопротивления катушки к ее эквивалентному сопротивлению потерь. Добротность, так же как и индуктивность, является важнейшей характеристикой катушки и определяется по формуле

$$Q = \frac{2\pi f L}{R},$$

где f — частота, *гц*;

R — эквивалентное сопротивление потерь на рабочей частоте, *ом*;

L — индуктивность катушки, *гн*.

Пример. Какова добротность катушки индуктивностью 0,01 *гн* с эквивалентным сопротивлением потерь 500 *ом* на частоте 1 *Мгц?*

Ответ:

$$Q = \frac{2 \cdot 3{,}146 \cdot 1\,000\,000 \cdot 0{,}01}{500} = \frac{62\,800}{500} = 126.$$

На практике значения добротности катушек обычно колеблются примерно от единиц до нескольких тысяч в зависимости от назначения

устройств, в которых они работают. Например, для стабильных самовозбуждающихся генераторов требуются катушки с очень высоким значением добротности, а для широкополосных усилителей требуются катушки с низким значением добротности, так как такие катушки должны иметь широкополосные характеристики.

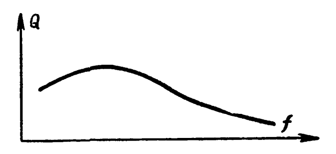


Рис. 12-4. Зависимость добротности катушки от частоты.

Из рассмотрения формулы для определения добротности можно сделать вывод, что Q растет с увеличением частоты. Но это не всегда так.

Обычно катушка имеет высокое значение добротности в довольно широкой полосе частот, а затем оно уменьшается (рис. 12-4). Это объясняется тем, что при увеличении частоты одновременно с ростом индуктивного сопротивления катушки ($2\,\pi f L$) растет также и эквивалентное сопротивление потерь. Причиной возрастания сопротивления катушки на высоких частотах является поверхностный эффект, который был описан в гл. 7.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОБРОТНОСТЬ

Частота. Весьма важно знать, от чего зависят частотные свойства катушки. Так, например, для катушки, работающей в стандартном радиовещательном диапазоне (540— 1 600 *кгц*), в целях получения высокой добротности применяют провод типа литцендрат, а также некоторые виды эффективных многослойных намоток (групповая, универсальная и др.).

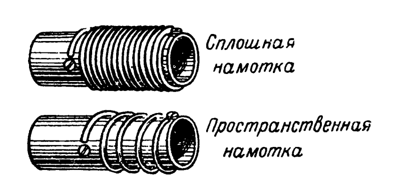


Рис. 12-5. Различие между сплошной и пространственной (намотка с шагом) намотками.

На высоких частотах, например 50 *Мгц*, для этой же цели применяют бескаркасные катушки из жесткого провода. Если катушка сделана хорошо, то ее добротность почти не изменяется в рабочем диапазоне частот.

Относительные размеры. Вообще говоря, чем больше диаметр катушки, тем бо́льшую добротность вы можете получить. Но увеличивать добротность с помощью увеличения диаметра катушки часто невыгодно, особенно при конструировании малогабаритной аппаратуры. Очень важной величиной является отношение длины катушки к ее диаметру. Добротность обычно достигает максимальной величины, когда это отношение приблизительно равно $^1/_2$. Под длиной катушки мы понимаем длину намотки катушки, измеренную вдоль продольной оси. Оптимальная длина катушки со сплошной намоткой больше, чем у катушки с пространственной намоткой (намотка с шагом) (рис. 12-5).

Тип провода. Можно предположить, что чем больше сечение провода, тем больше добротность катушки. Но это не всегда верно, так как провод большего сечения может обладать большей собственной ем-

костью и бо́льшими диэлектрическими потерями. Кроме того, при этом могут возникнуть неблагоприятные распределения тока. Преимущества применения провода типа литцендрат были показаны в гл. 7. Этот провод используется на частотах 2 *Мгц* и ниже. На более высоких частотах эффективными являются жесткие или обычные многожильные провода. На высоких частотах увеличение добротности можно также получить путем увеличения диаметра применяемого провода.

Если нет необходимости в получении высокой добротности, то обычно применяют провод с небольшим диаметром. Если же требуется высокая добротность (например, для уменьшения нагрева и потерь в проводах, применяемых в мощных устройствах), то необходимо применять массивные медные провода трубчатого типа.

Количество витков. Чем больше количество витков, тем больше собственная емкость катушки. Поэтому надо особое внимание уделить вопросам уменьшения собственной емкости многовитковых катушек. Собственная емкость катушки зависит от следующих факторов: размеров катушки и способа ее намотки, качества изоляции провода, материала каркаса и качества связующего вещества.

Каркас и связующие вещества. Весьма важно знать диэлектрические свойства материала каркаса катушки на различных частотах. Например, на низких частотах (стандартный радиовещательный диапазон и ниже) жесткая резина или даже дерево вполне пригодны для изготовления каркасов катушек. Однако при увеличении частоты (свыше 30 *Мгц*) эти каркасы будут иметь все бо́льшие и бо́льшие потери. Техники, работающие со сверхвысокочастотной аппаратурой, никогда не применяют эти материалы. Они обычно используют такие материалы, как полистирол и бакелит со слюдяным наполнением.

Связующее вещество часто используется при изготовлении катушки для закрепления витков на соответствующем месте. Применение связующего вещества с плохими диэлектрическими свойствами может привести к увеличению потерь и, следовательно, к уменьшению добротности катушки.

Сердечники. Индуктивность и потери катушки зависят также от материала сердечника, расположенного внутри катушки. Если внутри каркаса ничего нет или катушка является бескаркасной, то считается, что в этом случае сердечником является воздух. При применении сердечника добротность катушки, а также другие характеристики катушки улучшаются. Подробнее о сердечниках будет сказано ниже.

ИЗМЕРЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ

Для измерения добротности используются специальные лабораторные приборы, называемые «куметрами» (рис. 12-6). Это дорогостоящие приборы, и поэтому они редко применяются в радиолюбительской практике. Однако если вы работаете в радиопромышленности и имеете доступ к куметрам, то вы должны быть знакомы с основными принципами работы этого прибора.

Принцип измерения добротности катушек таков: если к контуру подвести напряжение его резонансной частоты, то напряжение в контуре будет в Q раз больше подводимого.

Для измерения добротности катушку подключают к двум входным клеммам, расположенным на крышке прибора. После этого по шкале частот устанавливают частоту, на которой требуется проверить

добротность катушки. Поворачивая ручку конденсатора переменной емкости, выведенную на переднюю панель куметра, добиваются максимального отклонения стрелки прибора, также установленного на передней панели. Максимальное отклонение стрелки прибора показывает, что колебательный контур, составленный из переменного конденсатора и проверяемой катушки, настроен на нужную резонансную частоту, ранее установленную с помощью частотной шкалы.

Прибор измеряет напряжение на катушке, но он отградуирован в единицах Q. Нужные показания добротности считывают со шкалы

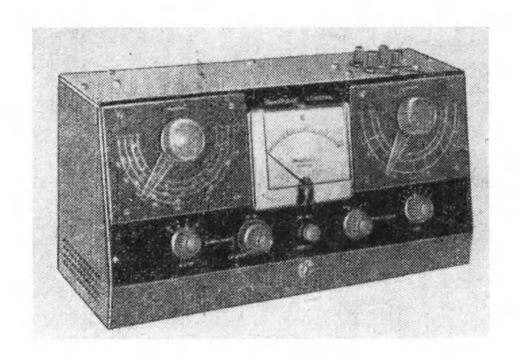


Рис. 12-6. Куметр.

прибора по максимальному отклонению стрелки. Перед началом измерения необходимо произвести балансировку куметра по методу, указанному в заводской инструкции.

Пользуясь куметром, можно также определить емкость конденсатора, с помощью которого была получена соответствующая резонансная частота. Затем по известному значению емкости конденсатора можно определить и значение индуктивности измеряемой катушки. Кроме того, с помощью куметра можно определить собственную емкость катушки.

СЕРДЕЧНИКИ

Как было показано выше, сердечники располагаются внутри каркаса катушки. Когда внутри каркаса катушки ничего нет, считается, что в этом случае ее сердечником является воздух. Воздух как сердечник имеет незначительные потери, но с помощью такого сердечника нельзя получить катушку с высоким значением индуктивности. Увеличение индуктивности достигается только в том случае, когда сердечник сделан из специального материала.

Индуктивность катушки зависит от магнитной проницаемости материала сердечника. Магнитная проницаемость различных материалов рассчитывается относительно воздуха, магнитная проницаемость которого принята за единицу. Теоретически индуктивность катушки с сердечником, имеющим магнитную проницаемость, равную 2, в 2 раза больше индуктивности такой же катушки, но без сердечника. Железо имеет высокую магнитную проницаемость и часто используется в ка-

честве сердечников катушек. Однако железо также является источником потерь. Поэтому повышение добротности катушки от введения железного сердечника будет наблюдаться только в том случае, когда эффект увеличения индуктивности (за счет сердечника) превысит эффект увеличения потерь (за счет введения этого же сердечника).

На промышленной частоте (60 *гц*) * применяются сердечники, набранные из тонких пластин железа. На радиочастотах такие сердечники имеют весьма большие потери, поэтому здесь нашли применение специальные типы сердечников, изготовленные из мельчайших частиц железа, скрепленных нейтральным связующим веществом. Такие сердечники дают хорошие результаты на частотах свыше 75 *Мгц*. Применение их позволило значительно уменьшить габариты катушек при одновременном сохранении требуемых значений индуктивности и добротности. Их изготавливают в виде цилиндриков, вставляемых внутрь каркаса катушки.

С помощью сердечников, которые могут менять свое положение в каркасе, можно изменять индуктивность катушек в несколько раз. Для этого сердечник делается в виде цилиндрического стержня с резьбой, ввинчивающегося в отверстие каркаса. На конце стержня делается шлиц, для того чтобы можно было с помощью отвертки регулировать положение сердечника в каркасе катушки и таким образом настраивать колебательный контур на различные частоты, применяя только одну катушку.

На частотах свыше 60 *Мгц* для регулировки индуктивности применяются сердечники, сделанные из материалов, обладающих высокой проводимостью (примером такого материала может служить медь). Сердечники из таких материалов оказывают обратное воздействие на индуктивность катушки по сравнению с воздействием железного сердечника. Другими словами, введение медного сердечника в катушку вызывает уменьшение индуктивности. Это происходит вследствие того, что ток сердечника, наведенный магнитным полем катушки, создает собственное магнитное поле, направление которого противоположно направлению основного магнитного поля катушки.

Максимальное уменьшение индуктивности, получаемое за счет введения медного сердечника, составляет приблизительно 0,7 по отношению к индуктивности катушки, не имеющей сердечника.

НАМОТКА МНОГОСЛОЙНЫХ КАТУШЕК

До сих пор мы имели дело главным образом с соленоидными однослойными намотками. Теперь мы рассмотрим другие типы намоток, используемых в радиотехнических устройствах.

Пример катушки с многослойной намоткой показан на рис. 12-7. Однако такой вид намотки используется только для низкочастотных катушек (дроссели фильтров, обмотки трансформаторов питания и др.). На более высоких частотах применение подобных намоток ограничено, так как они обладают очень высокой собственной емкостью.

На рис. 12-8 *а* показана универсальная намотка, наиболее распространенная при изготовлении многослойных катушек. При такой намотке провод последовательно переходит с одного края каркаса на

* В СССР промышленная частота равна 50 *гц*.

другой. Так как провода одного слоя будут находиться под углом к проводам последующего слоя, то катушка, намотанная таким способом, будет иметь небольшую собственную емкость по сравнению с емкостью катушки, намотанной обычным способом (см. рис. 12-7). Благодаря этому катушка в тысячи витков может быть намотана на относительно малом пространстве и без очень больших потерь добротности. Типичным примером такой нагрузки является трансформатор промежуточной частоты (465 *кгц*), который используется в обычных радиовещательных приемниках.

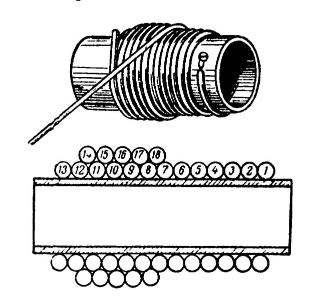


Рис. 12-7. Обычная многослойная намотка.

Иногда катушки делаются многосекционными (рис. 12-8, *б*), причем каждая секция намотана универсальным способом. Разбивка катушки на секции сделана с целью уменьшения ее собственной емкости. Многосекционные катушки применяются в качестве радиочастотных дросселей, а также в качестве низкочастотных катушек.

На низких частотах довольно широко распространен другой вид специальной намотки, называемой групповой намоткой. Груп-

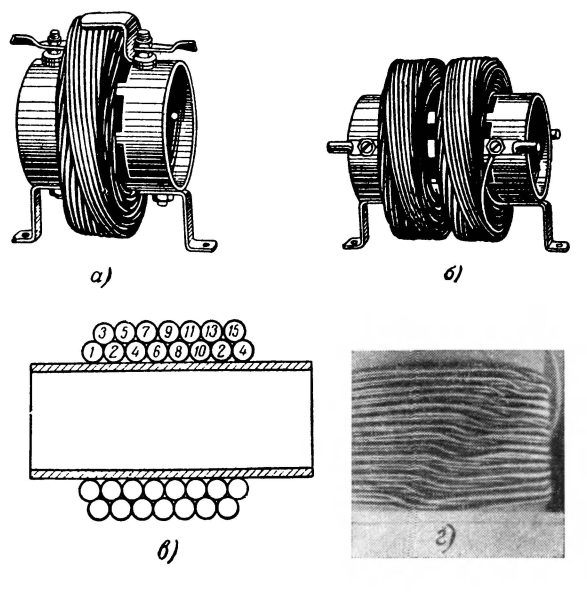


Рис. 12-8. Универсальная намотка (*а*), многосекционная универсальная намотка (*б*) и групповая намотка (*в* и *г*).

повая намотка показана на рис. 12-8 *в*. Эта намотка производится следующим образом. Один или больше витков укладывают рядом на

каркас катушки. Затем провод, пересекаясь с уже намотанными витками, возвращается назад и один или больше витков укладываются на витках первой группы; потом провод возвращается к первому слою и весь процесс повторяется. Подробнее об этом виде намотки мы расскажем ниже.

ЭКРАНИРОВАНИЕ КАТУШЕК

Часто катушки помещают в специальные экраны, чтобы защитить их от воздействия внешних высокочастотных полей или наоборот, чтобы предотвратить их влияние на соседние элементы.

Отметим, что наличие экрана уменьшает индуктивность и добротность защищаемых им катушек. Это происходит по той же причине, которая была уже рассмотрена для случая медного сердечника. Этот экран можно представить в виде вторичной трансформаторной обмотки, замкнутой накоротко, а катушку — в виде первичной обмотки. Таким образом, в катушку вносится сопротивление потерь сердечника, в результате чего ее добротность падает. Чем ближе расположен экран к катушке, тем больше проявляется этот эффект. Например, если цилиндрический экран имеет диаметр на 10% больше диаметра катушки, то индуктивность катушки уменьшится на $^1/_4$ по сравнению с индуктивностью этой же катушки без экрана. С другой стороны, если диаметр (или сторона квадрата) экрана будет в 3 раза больше диаметра катушки, то индуктивность катушки уменьшится только на 10%. Поэтому если вы сами будете делать катушку, то ее можно будет считать готовой только в том случае, когда она будет испытана вместе с экраном.

КАК МОТАТЬ КАТУШКИ

Теперь, когда мы рассмотрели различные виды катушек и их характеристики, поговорим о том, как их изготавливать. Некоторые типы катушек могут быть сделаны самыми разнообразными способами, но мы рассмотрим только наиболее часто встречающиеся на практике.

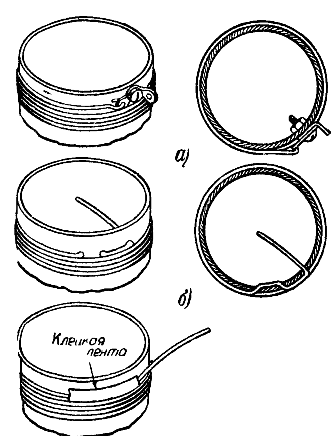


Рис. 12-9. Способы закрепления проводов на каркасе катушки при намотке.

Первые радиолюбители для каркасов катушек детекторных приемников использовали различные круглые коробочки. В настоящее время также применяются каркасы подобных простейших форм. Но эти каркасы теперь изготовляются из самых различных высококачественных материалов (полистирол, бакелит и др.).

Предположим, что нам необходимо намотать на каркас 50 витков тонкого провода. Рассмотрим начальную точку, от которой начинается обмотка. В качестве такой точки обычно используется выводной зажим, укрепленный в отверстии каркаса (рис. 12-9 *а*). Этот зажим ис-

пользуют для закрепления провода и создания нужного натяжения, чтобы намотка получилась плотной. Затем нужно определить, где будет конец намотки, и укрепить на этом месте второй выводной зажим.

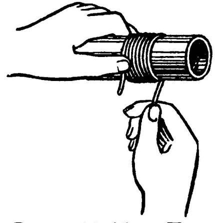
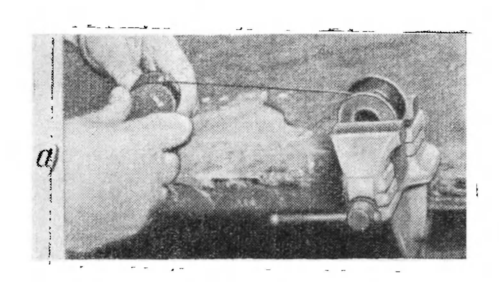


Рис. 12-10. Простейший способ намотки катушки.

Существуют также другие способы закрепления провода на катушке. Это делается, например, путем сверления нескольких небольших отверстий немного больших диаметров провода. Провод закрепляется через отверстие в каркасе способом, показанным на рис. 12-9, *б*. Существует еще способ, при котором провод прикрепляется к каркасу с помощью связующего вещества или специальной катушечной пасты, наносимых на кусок ленты (рис. 12-9, *в*). Есть несколько способов намотки катушки. Простейшим является способ, когда одной рукой вы держите каркас, а другой наматываете провод (рис. 12-10). При этом необходимо следить, чтобы витки плотно подходили друг к другу.



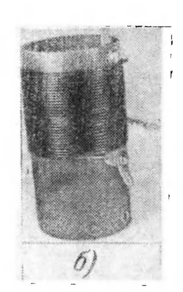


Рис. 12-11. Один из способов намотки соленоида.

а — намоточная операция; *б* — готовая катушка.

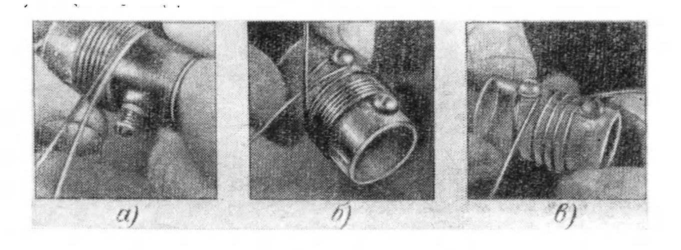


Рис. 12-12. Один из способов получения пространственной намотки.

Однако этот метод очень утомителен, так как очень неудобно получать необходимое натяжение провода. В случае неправильного натяжения витки могут перепутаться, и всю работу придется повторить. Гораздо более удобно применять способ намотки, показанный на рис. 12-11.

При этом способе намотки бобину, от которой заранее отмотан провод нужной длины, закрепляют в тиски. Свободный конец провода закреп-

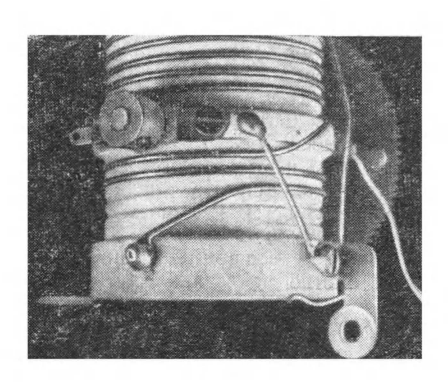


Рис. 12-13. Каркас катушки с нарезанными канавками для укладки провода.

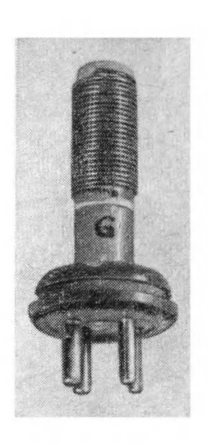


Рис. 12-14. Штырьковая катушка.

ляют на каркасе катушки. После этого, вращая каркас, наматывают катушку, выдерживая нужное натяжение провода.

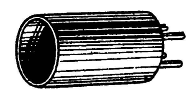


Рис. 12-15. Другой пример штырьковой катушки.

Подобные однослойные катушки можно также наматывать на токарном станке, закрепив каркас в патроне станка и придерживая провод рукой, чтобы обеспечить необходимое натяжение его. Существуют катушки, намотка провода на которые производится с определенным шагом. Часто расстояние между витками должно быть равно диаметру провода. В этом случае намотку катушки производят одновременно двумя проводами, плотно прилегающими друг к другу (рис. 12-12, *а*). После окончания намотки один из этих проводов удаляют (рис. 12-12, *б*). Таким образом, получается пространственная намотка с определенным шагом между витками (рис. 12-12, *в*). Применяя добавочные провода различных диаметров, получают намотки с различным шагом. В некоторых случаях для получения пространственной намотки на каркасе делают специальные канавки, в которые затем укладывают провод (рис. 12-13).

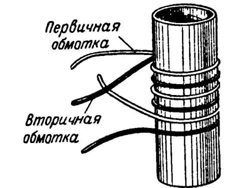


Рис. 12-16. Катушка с бифилярной намоткой.

В колебательных контурах для увеличения перекрытия частотного диапазона применяются катушки штырькового типа (рис. 12-14). Такая катушка состоит из полистиролового цилиндрического стержня, укрепленного на четырехштырьковом разъеме. По длине стержня нарезаны канавки, а на нижнем и верхнем его концах просверлены

отверстия диаметром, достаточным для прохождения провода. Один конец провода пропускается через верхнее отверстие и наматывается по канавкам сверху вниз. Другой тип штырьковой катушки показан на рис. 12-15.

При намотке некоторых специальных катушек используется бифилярная намотка (рис. 12-16). В действительности такая катушка представляет собой трансформатор, у которого сближены обмотки. Первичная и вторичная обмотки наматываются одновременно на каркас таким образом, чтобы витки первичной обмотки находились между витками вторичной. Выполняют бифилярную намотку так же, как и намотку с шагом, где для этой цели применялся добавочный провод. Различие заключается только в том, что добавочный провод после окончания намотки остается на каркасе катушки, так как этим добавочным проводом является одна из обмоток трансформатора.

БЕСКАРКАСНЫЕ КАТУШКИ

Метод намотки больших соленоидов с помощью тисков, описанный выше, годен и для намотки бескаркасных катушек. При этом каркас используется только для намотки и после окончания работы вынимается из катушки. Поэтому для таких каркасов можно применять любые жесткие круглые предметы соответствующего размера и диаметра. Надо отметить, что катушка немного увеличится в размере, после того как она будет снята с каркаса. Поэтому чтобы получить правильный размер катушки, необходимо применять каркас, у которого диаметр был бы немного меньше требуемого внутреннего диаметра катушки. Если провод достаточно жесткий, то его можно не закреплять, а лишь придерживать рукой витки катушки при намотке. При необходимости закрепления витков удобнее всего пользоваться деревянными штифтами. Желательно, чтобы каркас не имел конусности и чтобы катушка снималась с него легко.

При намотке бескаркасной катушки, особенно когда нет закрепления на каркасе, необходимо сделать примерно по два лишних витка на каждом конце катушки. Это позволит в дальнейшем сделать выводы нужной длины. Не снимайте катушку с каркаса до тех пор, пока выводам катушки не будет придана нужна форма, так как если делать эту операцию на снятой с каркаса катушке, то можно повредить ее. Последовательность операций при намотке бескаркасной катушки показана на рис. 12-17.

В некоторых устройствах используются бескаркасные катушки из толстого медного провода или трубок. Эти проводники так толсты и жестки, что для их намотки требуются специальные и очень прочные каркасы. Например, для этой цели применяют стальные трубы. Провод или трубку закрепляют на каркасе следующим образом: конец провода сплющивают и на нем сверлят отверстие. Соответственно на каркасе сверлят отверстие и нарезают в нем резьбу. Затем провод крепят к каркасу винтом. Намотка провода на каркас осуществляется путем вращения каркаса.

Как и для случая обычных бескаркасных катушек, при намотке катушек из толстого провода или трубок рекомендуем сделать лишние витки на концах каркаса и операцию изгиба выводов также делать на не снятой с каркаса катушке. Такие большие катушки обычно устанавливаются либо на больших фарфоровых изоляторах, либо непосредственно на настроечных конденсаторах.

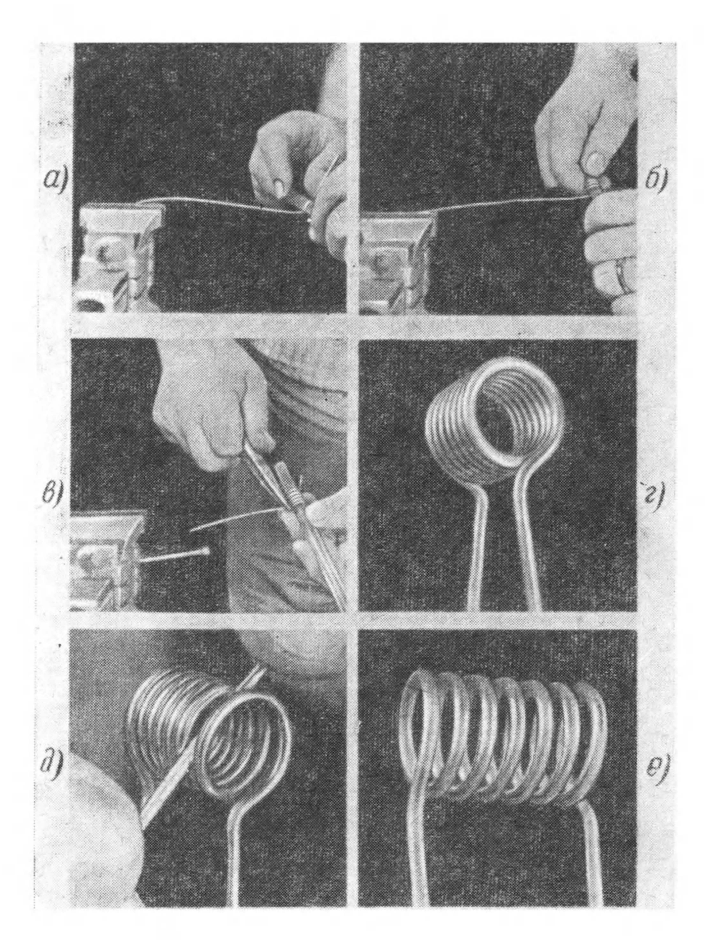


Рис. 12-17 Намотка небольшой бескаркасной катушки.

а — начало операции; *б* — намотка; *в* — формирование выводов катушки; *г* — законченная катушка со сплошной намоткой; *д* — операция получения пространственной намотки; *е* — готовая катушка с пространственной намоткой.

НАМОТКА КАТУШЕК ЛИТЦЕНДРАТНЫМ ПРОВОДОМ

На частотах ниже 2 *Мгц* намотку катушек производят с помощью литцендратного провода, назначение и характеристика которого были рассмотрены в гл. 7.

При намотке литцендратным проводом надо учитывать, что он очень гибок и поэтому в процессе работы его часто надо подправлять.

Кроме того, очень трудно снять изоляцию с этого провода, так как он состоит из большого числа тонких эмалированных жилок. Однако есть очень удобный способ зачистки такого провода, показанный на рис. 12-18. Для этого необходимо иметь спиртовую горелку и банку со спиртом, снабженную крышкой.

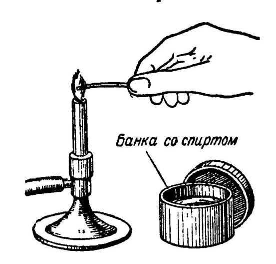


Рис. 12-18. Способ зачистки концов литцендратного провода.

Для снятия изоляции необходимо поместить конец литцендратного провода в пламя горелки и держать его там до тех пор, пока не сгорит изоляция, а провод не начнет светиться вишневокрасным цветом (но не более!). Затем раскаленный провод нужно быстро опустить в банку со спиртом. В результате эмаль будет удалена с каждой отдельной жилки. После этого провод уже будет готов для пайки. Применяя этот метод, не надо забывать о том, что спирт является горючим материалом. Поэтому ваше рабочее место должно быть свободно от других горючих материалов. Если же спирт все же воспламенится, то его проще всего потушить, закрыв банку крышкой.

ЛИНЕЙНЫЕ КАТУШКИ

Существуют высокочастотные катушки, имеющие не совсем обычную форму. На частотах свыше 50 *Мгц* применяются так называемые линейные катушки. Они представляют собой отрезки резонансных

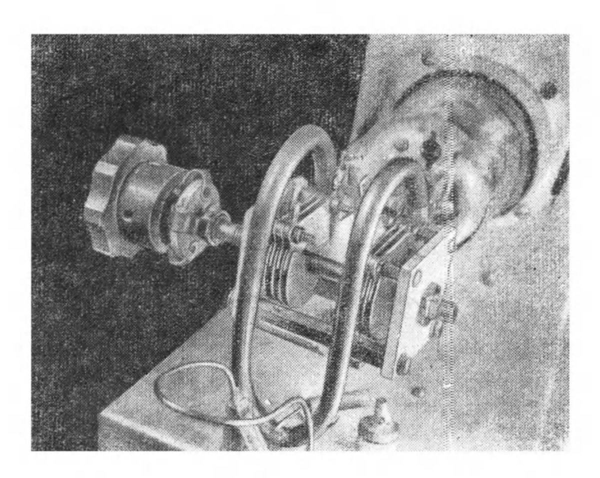


Рис. 12-19. Катушка шпилечного типа.

линий определенной длины, необходимой для получения требуемой индуктивности. На очень высоких частотах обычные катушки становятся такими маленькими, что с них трудно снимать или на них пода-

вать энергию. Линейные катушки имеют большие размеры и поэтому обладают высокой добротностью.

На рис. 12-19 показан один из простейших типов линейной катушки. Эта катушка представляет собой короткозамкнутую резонансную линию, сделанную из толстого медного провода, изогнутого в виде шпильки. Поэтому такую конструкцию называют катушкой «шпилечного типа».

Другой тип линейной катушки, используемый в передатчиках большой мощности, показан на рис. 12-20. Это две прямые трубки,

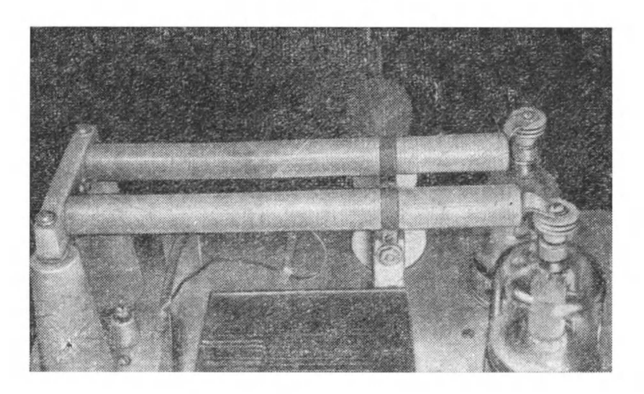


Рис. 12-20. Линейная катушка колебательного контура.

образующие резонансную линию и расположенные на небольшом расстоянии друг от друга. При добавлении в эту систему простого двухплатного конденсатора получается резонансный контур.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

КОНТРОЛЬ, ИСПЫТАНИЯ, КАЛИБРОВКА И МАРКИРОВКА

Проверка монтажа электронных устройств является очень важной работой.

В этой главе мы рассмотрим несколько простых способов проверки электрических цепей, для того чтобы убедиться в хорошем качестве монтажных работ. Затем мы расскажем о способах окраски, маркировки и калибровки радиоаппарата.

ПРОВЕРКА НЕРАЗРЫВНОСТИ ИЛИ ЦЕЛОСТНОСТИ ЦЕПИ

Самой простой электрической проверкой является проверка неразрывности или целостности цепи. Это делается с помощью какого-нибудь индикаторного устройства, которое показывает, существует ли контакт между двумя данными выводами.

Для примера на рис. 13-1 показано индикаторное устройство для испытания неразрывности цепей. Как видно из рисунка, звонок и бата-

рея соединены последовательно. Свободные концы проводников используются в качестве проверочных выводов или щупов. Когда эти щупы подключаются к обоим концам проверяемой цепи, звонок срабатывает (если, конечно, проверяемая цепь не имеет разрывов). Роль указателя неразрывности цепи может выполнять маленькая лампочка, которая загорается, если проверяемая цепь цела.

Проверка неразрывности цепей особенно полезна, когда вам нужно проверить ряд так называемых прямых соединений. Примером таких

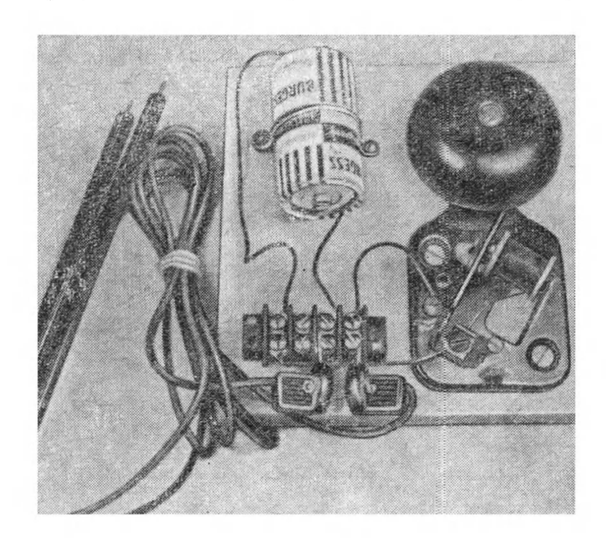


Рис. 13-1. Пример простейшего тестера.

соединений может служить многожильный кабель, входные и выходные выводы которого должны обязательно проверяться. Этот тип проверки также полезен для контроля короткозамкнутых цепей, в которых не должно быть конденсаторов, а также для контроля разомкнутых цепей, в которых не должно быть катушек индуктивности и обмоток трансформаторов.

Применение звонка в подобных индикаторных устройствах привело к употреблению термина «прозвонка цепей». Следовательно, употребление термина «прозвонить цепь» означает проверку цепи на ее неразрывность.

Меры предосторожности при прозвонке цепей. Некоторые детали, такие, как вакуумные лампы и транзисторы, могут получить повреждения от проходящего через них тока. Поэтому в целях предосторожности все эти детали перед прозвонкой монтажа необходимо изъять из проверяемых цепей.

ПРОВЕРКА ОММЕТРОМ

Применение упомянутых выше индикаторных устройств для проверки неразрывности цепей ограничивается тем, что подобные приборы могут работать только в короткозамкнутых цепях или в цепях с очень

малым сопротивлением. Поэтому применение таких устройств весьма ограничено, так как большинство электрических цепей имеет относительно большое сопротивление. Более полную проверку можно произвести с помощью омметра. Преимущество омметра состоит в том, что с его помощью можно проверить не только неразрывность цепи, но и определить сопротивление ее. Омметром можно определить омическое сопротивление резисторов, комбинации резисторов, а также других деталей, например катушек индуктивности и обмоток трансформатора.

Обычно омметр является составной частью вольтомиллиампер-метра (авометра) или электронного вольтметра (рис. 13-2). Оба прибора соединяют в себе функции вольтметра, омметра и миллиамперметра.

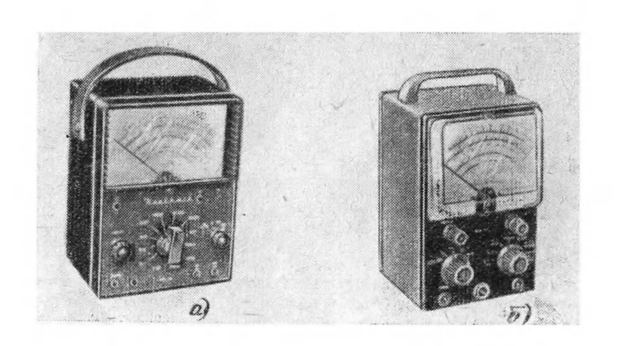


Рис. 13-2. Авометр (*а*) и электронный вольтметр (*б*).

Перед применением омметра необходимо совместить стрелу прибора с нулем шкалы. Установка нуля производится различными способами в зависимости от применяемого прибора. В случае авометра это нужно делать так: соедините оба вывода прибора и с помощью ручки «Установка нуля» установите стрелку прибора на нуль шкалы (это положение соответствует максимальной величине тока в приборе); затем разомкните выводы прибора. Теперь вы можете путем подключения выводов прибора к концам проверяемой цепи измерить ее сопротивление.

Для электронного вольтметра порядок установки нуля несколько отличается от описанного выше. Сначала нужно прогреть вольтметр в течение нескольких минут, а затем с помощью ручки «Регулятор омметра» установить стрелку прибора на максимальное значение по шкале сопротивлений, при этом выводы прибора должны быть разомкнуты. Соедините выводы прибора и с помощью ручки «Установка нуля» установите стрелку прибора на нуль. После этого прибор готов к измерению сопротивлений.

Для измерения большого диапазона сопротивлений омметры имеют несколько шкал, вводимых с помощью переключателя. Если вы хотите измерить сопротивление резистора 15 *ом*, то вы не получите большой точности при использовании шкалы сопротивлений для измерений мегомов. Обычно диапазоны обозначаются так: «R × 10», «R × 100» и т. д. Если вы используете диапазон «R × 10», то показания прибора

нужно умножать на 10, если же вы используете диапазон «R × 100», то показания прибора нужно умножать на 100 и т. д. При переходе с одной шкалы на другую необходимо снова произвести установку нуля прибора.

ПРОВЕРКА ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕД МОНТАЖОМ

Некоторые опытные радиолюбители предпочитают производить электрическую проверку деталей перед их установкой или монтажом. Но эта проверка деталей не является обязательной. Если вы используете новые детали, то их дефекты и отклонения от номинальных значений весьма малы; поэтому многие радиолюбители считают не обязательным проведение этих проверок. С другой стороны, если деталь все же окажется дефектной и вы не проверили ее перед монтажом, то вы затратите много времени и усилий на установку детали и замену ее.

Легче всего поддаются проверке резисторы. Вы можете просто воспользоваться омметром и проверить, соответствует ли сопротивление каждого резистора его номиналу (обозначенному цветным кодом или другим способом на корпусе резистора) и той величине, которая указана в принципиальной схеме вашего радиоустройства. Случайно может оказаться, что вы неправильно подобрали резистор по его цветному коду; могут оказаться и просто резисторы с неправильной маркировкой.

Очень большой точности измерения получить от омметра невозможно, но обычно такой точности и не требуется. Точность измерения колеблется от 5 до 10% в зависимости от того, с какой части шкалы вы снимаете показания. Это вполне приемлемо, если вспомнить, что большинство резисторов имеет допуск ± 10 или ± 20%. Кроме того, многие резисторы могут иметь отклонения до 50% номинала без заметного влияния на работу устройства.

Однако в некоторых случаях необходима высокая точность в определении сопротивления резисторов. Примером этого являются шунты измерительных приборов и добавочные сопротивления в вольтметрах, а также некоторые специальные резисторы в проверочной и измерительной аппаратуре и согласующие сопротивления.

Если вы имеете возможность пользоваться специальными дорогостоящими промышленными приборами, то вполне возможно, что, например, с помощью моста Уитстона вы сможете измерить сопротивление с точностью до 1% или даже еще точнее. Если же нет такой возможности, то вы мало чего добьетесь для повышения точности даже при очень внимательном отношении к работе. Но не беспокойтесь в этом случае, так как существуют специальные прецизионные резисторы, имеющие допуск ± 1%.

Омметр можно применять для проверки не только резисторов, но и других деталей. Например, можно произвести измерения относительно низкого сопротивления трансформаторной обмотки или катушки индуктивности.

При проверке конденсаторов с помощью омметра можно только проверить их на отсутствие короткого замыкания между обкладками. Однако многие опытные радиолюбители могут произвести ориентировочное определение емкости конденсатора по первоначальному броску стрелки омметра в тот момент, когда выводы омметра подсоединяются к измеряемому конденсатору. При этом, ток проходит через конденсатор только до тех пор, пока он не зарядится от батареи омметра, а затем прекращается.

Когда вы подсоединяете выводы омметра к конденсатору, стрелка прибора моментально отклоняется по направлению к «нулю» прибора на шкале сопротивлений, а затем возвращается назад. При этом чем больше емкость конденсатора, тем больше величина первоначального броска стрелки омметра. Если же первоначальный бросок отсутствует, то это показывает, что конденсатор по какой-либо причине неисправен.

Меры предосторожности. Никогда не подключайте омметр к выводам конденсатора, пока вы не убедитесь, что этот конденсатор разряжен полностью. Это особенно важно помнить при работе с конденсаторами, стоящими в фильтрах источников питания. Эти конденсаторы заряжаются до очень высоких напряжений. Если вы подключите омметр к такому заряженному конденсатору, то ваш прибор наверняка выйдет из строя. Поэтому разрядите этот конденсатор несколько раз подряд, прежде чем подключать его к омметру.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ И ИНДУКТИВНОСТИ

Вообще говоря, приборы для измерения емкости и индуктивности — это приборы лабораторного типа и их едва ли можно отнести к приборам, необходимым для радиолюбителя-конструктора. Однако если вы являетесь сторонником предварительной проверки деталей перед монтажом или если вы хотите выполнить ваше радиотехническое устройство на высоком профессиональном уровне, то приобретение таких приборов имеет определенный смысл.

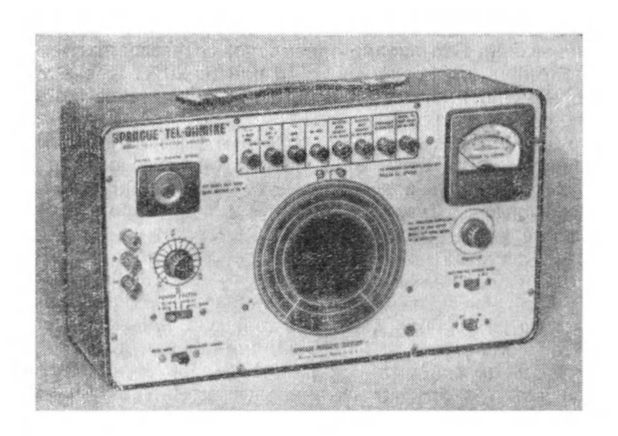


Рис. 13-3. Прибор для измерения емкости.

Существуют не очень дорогие приборы для измерения емкостей. Один из них показан на рис. 13-3. С помощью него можно проверить все конденсаторы, чтобы быть уверенным в их надежной работе. Если же вы работаете в радиотехнической промышленности, то вы, вероятно, имеете доступ к более сложному и точному оборудованию.

ПРОВЕРКА ГОТОВЫХ ЦЕПЕЙ

Методика проверки полностью законченной цепи может быть подобна методике, часто применяющейся при обслуживании радиотехнического оборудования: вы стараетесь убедиться в том, что все участки цепи имеют соответствующие сопротивления. Это может быть сделано путем подсоединения определенных точек схемы к зажимам омметра. Если электронная лампа является первым элементом цепи, то методика заключается в проверке сопротивления между каждым лепестком ее ламповой панели и шасси.

Для лучшего понимания смысла этой методики рассмотрим конкретный пример. На рис. 13-4 приведена схема усилителя на пентоде

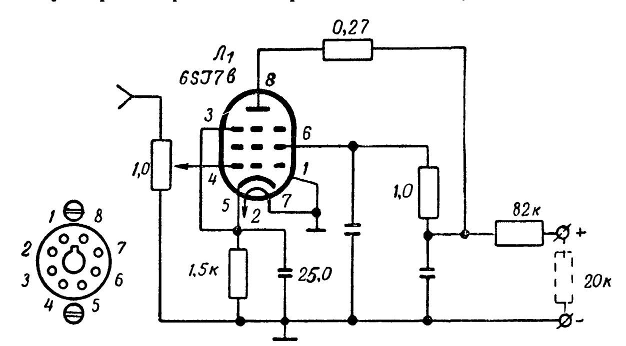


Рис. 13-4. Схема усилителя на пентоде с высоким коэффициентом усиления.

с высоким коэффициентом усиления. Предположим, что это первый каскад из серии каскадов усилителя звуковой частоты, который вы только что смонтировали. На схеме показан также добавочный резистор источника питания, так как от его сопротивления зависят показания омметра.

Измерив сопротивления между лепестками ламповой панели и шасси, вы можете записать значения этих сопротивлений в виде таблицы (табл. 13-1), называемой картой сопротивлений. Такие таблицы

Таблица 13-1

Штырек	$Л_1$	$Л_2$	$Л_3$	$Л_4$	$Л_5$	$Л_6$
1	0					
2	0,5 *ом*					
3	1,5 *ком*					
4	1,0*					
5	1,5 *ком*					
6	1,1					
7	0					
8	0,37					

* Потенциометр полностью введен.

придаются к радио- и телевизионным приемникам промышленного изготовления для удобства их обслуживания. Вы же можете пользоваться подобными таблицами для того, чтобы убедиться в том, что ваш блок смонтирован правильно.

Теперь с помощью схемы, изображенной на рис. 13-4, рассмотрим, как появились значения сопротивлений, указанные в первой колонке таблицы. Надо отметить, что все сопротивления замеряются по отношению к заземленному шасси. Схема показывает, что первый штырек лампы соединен непосредственно с шасси. Таким образом, сопротивление участка «первый штырек лампы — шасси» должно быть равно нулю.

Второй штырек лампы соединен с накальной обмоткой трансформатора питания, другой конец которой заземлен. Этот штырек также электрически соединен с нитью накала лампы и через нее с шасси. Накальная обмотка трансформатора имеет относительно низкое сопротивление, а так как она еще соединена параллельно с нитью накала, то сопротивление участка «второй штырек лампы-шасси» должно быть около 0,5 *ом*.

Третий штырек лампы соединен с пятым штырьком лампы, который в свою очередь соединен с шасси через резистор сопротивлением 1,5 *ком*. Следовательно, сопротивления участков «третий штырек лампы-шасси» и «пятый штырек лампы-шасси» должны быть равны по 1,5 *ком*.

Четвертый штырек лампы подсоединен к движку потенциометра регулятора усиления сопротивлением 1 *Мом*, нижний вывод которого подсоединен к шасси. Отсюда следует, что сопротивление участка «четвертый штырек лампы-шасси» зависит от положения движка регулятора усиления. Понятно теперь, почему мы сделали примечание в табл. 13-1, указывающее, что сопротивление этого участка равно 1 *Мом*, когда потенциометр полностью введен.

Цепь от шестого штырька лампы к шасси имеет более сложный путь. Вначале этот путь идет через резистор сопротивлением 1 *Мом*, затем через резистор сопротивлением 82 *ком*, далее через добавочный резистор источника питания сопротивлением 20 *ком* на шасси. Таким образом, все эти резисторы находятся на участке цепи между шестым штырьком лампы и шасси. Следовательно, общее сопротивление слагается из сопротивлений 1 *Мом* и 82 и 20 *ком*. Таким образом, общее сопротивление участка «шестой штырек лампы-шасси» должно быть равно 1,102 *Мом*. Так как 0,002 *Мом* — слишком маленькая величина по отношению к общему сопротивлению, показываемому омметром, то в таблицу мы заносим округленное значение, равное 1,1 *Мом*. Седьмой штырек лампы соединен с шасси, поэтому сопротивление участка «седьмой штырек лампы-шасси» должно быть равно нулю.

Участок цепи «восьмой штырек лампы-шасси» также состоит из нескольких резисторов. Путь по этому участку идет через резистор сопротивлением 270 *ком*, резистор сопротивлением 82 *ком* и затем добавочный резистор источника питания сопротивлением 20 *ком*. Суммарное сопротивление этих резисторов составляет 372 *ком*, но мы округляем это значение до 370 *ком* и заносим это значение в таблицу.

При составлении такой карты сопротивлений следует быть внимательным, чтобы не упустить отдельные участки цепей штырек лампы-шасси, так как при проверке может оказаться иное сопротивление, чем ожидалось. Составив карту сопротивлений, можно приступить к проверке схемы. Для этого один вывод омметра необходимо подсоединить к шасси, а другой вывод последовательно подключать к каждой

клемме ламповой панели проверяемой лампы и отмечать при этом значения сопротивлений соответствующих участков цепи «штырек лампы — шасси». Если получается большое расхождение между заданными и измеренными значениями сопротивлений, то вы будете знать, что ошиблись либо при составлении таблицы сопротивлений, либо при монтаже схемы. Понятно, что вам следует полностью заполнить таблицу для всех остальных ламп, входящих в данное радиотехническое устройство.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ

Многие радиоэлектронные устройства, после того как вы их смонтировали, необходимо откалибровать. Мы применяем здесь выражение «оборудование для калибровки» для обозначения любого оборудования, в котором, во-первых, применяется контрольное устройство, такое, как переменный конденсатор, блок с переменной настройкой, регулятор усиления или переключатель; во-вторых, применяется шкала или панель с отметками, обозначающими количество контролируемых величин. Примерами его являются системы настройки радиоприемника, шкалы на регуляторе усиления, сигнальные метки на аттенюаторе сигнал-генератора и др.

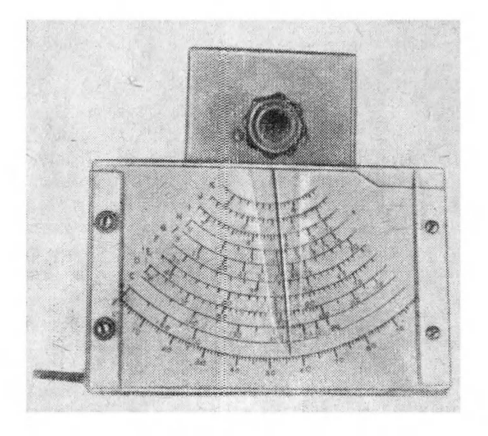


Рис. 13-5. Прибор с прямым приводом.

Если вы проектируете и монтируете какое-нибудь радиоэлектронное устройство, то вы должны сами нанести на него калибровочные метки. Если же вы ведете монтаж из готового набора деталей, то обычно в этом случае вы имеете готовые соответствующие элементы и калибровочные шкалы. Кроме того, для регулировки вы можете еще применить подстроечные конденсаторы или другие подстроечные устройства для компенсации допусков деталей, а также возможных допусков, возникающих при монтаже.

Существуют разнообразные комбинации шкал и приводных механизмов шкал. Обычно они подразделяются на следующие три класса: прямой привод, при котором шкала или указатель смонтированы непосредственно на валу переменного конденсатора или на другом подвижном устройстве; приводы, в которых применяются шнур и шкив для связи шкалы с подвижным устройством, и планетарные и шестеренчатые приводы. Пример самодельного устройства, разработанного автором, в котором использован прямой привод, показан на рис. 13-5. Маленькая ручка с самостоятельным прозрачным пластмассовым указателем смонтирована непосредственно на валике конденсатора (типа бабочки) внутри корпуса прибора.

Прибор промышленного изготовления показан на рис. 13-6. Расположение его указателя подобно расположению только что описан-

ного указателя. Однако ручка механически связана с валиком конденсатора переменной емкости через планетарный привод, так что ее нужно повернуть несколько раз, чтобы переместить указатель (который укреплен на валике конденсатора) на необходимое расстояние. Это дает возможность оператору добиться более точной подстройки с помощью ручки, несмотря на то, что указатель движется вместе с валиком конденсатора таким же образом, как и в случае применения прямого привода.

В более сложных устройствах указатель или основную шкалу нужно поворачивать много раз подряд, для того чтобы валик конденсатора сделал один оборот; в этом случае в устройстве устанавливается счетчик для указания числа оборотов для любой данной установки указателя. Например, первая или основная шкала может иметь 100 делений, в то время как счетчик имеет десятиступенчатый указатель, причем каждая ступень соответствует 100 делениям, или одному обороту основной шкалы. Шкалу со 100 делениями в этом случае часто называют «шкалой с растянутым диапазоном настройки».

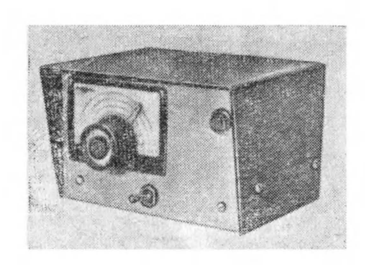


Рис. 13-6. Прибор с планетарным приводом.

Связные приемники часто имеют две шкалы. Одна полностью охватывает диапазон от 550 *кгц* до 30 *Мгц* и имеет ступенчатое переключение поддиапазонов с помощью роторного переключателя. Другая (с растянутым диапазоном настройки) охватывает только любительские диапазоны (3,5 *Мгц* и др.). Если вы калибруете шкалу, как показано на рис. 13-5 или 13-6, то можно получить хорошие результаты, если сделать маленькое отверстие в указателе для каждой калибруемой шкалы. В это отверстие вы можете вставить кончик карандаша, чтобы сделать временную справочную отметку на шкале (после окончания калибровки эти отметки заменяются постоянными). Временные отметки делаются в том случае, когда параметры радиотехнического устройства (частота, громкость, ослабление сигнала и т. д.) соответствуют требуемым значениям.

Методика калибровки радиотехнических устройств выбирается в зависимости от того, какие нужно калибровать параметры, в каком диапазоне частот будет производиться калибровка, какая имеется в наличии калибровочная аппаратура и др.

Вообще говоря, способов калибровки настолько много, что все их здесь невозможно описать, но основную идею калибровки мы рассмотрим на следующем примере. Если калибруемым прибором является генератор, а калибровочным параметром — частота, то часто просто подсоединяют выходные выводы генератора к антенным клеммам радиоприемника, как показано на рис. 13-7.

Если радиоприемник работает в том же диапазоне, что и генератор, и при этом радиоприемник точно калиброван (подобно многим связным радиоприемникам), то вы можете отметить, в какой части шкалы радиоприемника вы приняли сигнал от генератора, и легко произвести калибровку шкалы генератора. Если имеются радиостанции, работающие на определенных известных частотах, то можно использовать эти

частоты в качестве контрольных. Сигнал от генератора дает «свист» (биение частот) при частоте его сигнала, близкой к заранее известной частоте радиостанции. Высота тона свиста уменьшается или исчезает совсем, когда частоты сигналов генератора и радиостанции станут точно равны друг другу. В этом случае говорят, что эти сигналы имеют «нулевые биения».

Если ваша калибруемая аппаратура работает в полосе частот радиовещания с амплитудной модуляцией, то можно получить высокую точность описанным выше способом калибровки, так как радиовещательные станции работают с очень жесткими допусками по частоте (± 20 *гц*). Если же ваша калибруемая аппаратура работает на частотах ниже радиовещательного диапазона с амплитудной модуляцией, то вы можете для целей калибровки использовать гармоники (сигналы с частотами, кратными частоте основного сигнала, которые излучаются почти всеми генераторами) для биений с принимаемыми радиовещательными сигналами. Например, если вам необходимо откалибровать генератор на частоту 300 *кгц*, то можно использовать его вторую гармонику (частота 600 *кгц*) для получения биений с радиовещательным сигналом с частотой 600 *кгц*, если, конечно, такие сигналы имеются.

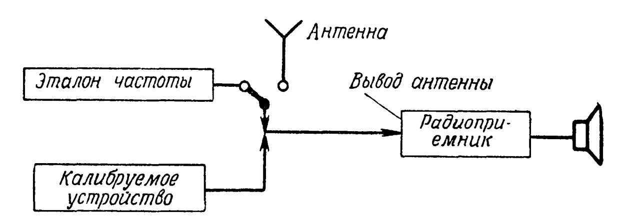


Рис. 13-7. Блок-схема установки для калибровки генератора по частоте.

На частотах выше радиовещательного диапазона с амплитудной модуляцией вы можете добиться высокой точности калибровки с помощью специального частотного эталона, как показано на блок-схеме, изображенной на рис. 13-7. Такие частотные эталоны обычно имеют гармоники через каждые 100 или 1 000 *кгц*. Вы можете отметить эти частоты на шкале вашего радиоприемника и с помощью калибруемого генератора получить биение на одной из требуемых частот. Для поддержания высокой точности работы частотных эталонов необходимо регулярно сравнивать их частоту (с помощью метода нулевых биений) со стандартной частотой специальных радиовещательных станций, которые излучают эталонные частоты.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕКАЛЬКОМАНИИ ДЛЯ МАРКИРОВКИ И КАЛИБРОВКИ

Для удобства работы необходимо наклеивать контрольные этикетки с буквенными и цифровыми обозначениями на ваше радиотехническое оборудование. В домашних условиях удобнее всего это делать с помощью метода «декалькомании», т. е. метода перевода печатных обозначений и рисунков со специальной бумаги на другую поверхность (металл, дерево и др.). Что вы сможете сделать с помощью метода

«декалькомании», показано на рис. 13-8, на котором изображена передняя панель измерителя напряженности электромагнитного поля.

Набор переводных надписей показан на рис. 13-9. Существуют наборы переводных надписей для передатчиков, радиоприемников, телевизоров, шкал звуковых генераторов и др.

Прежде чем начинать маркировку, тщательно все распланируйте. Сделайте карандашом на бумаге примерное расположение всех над-

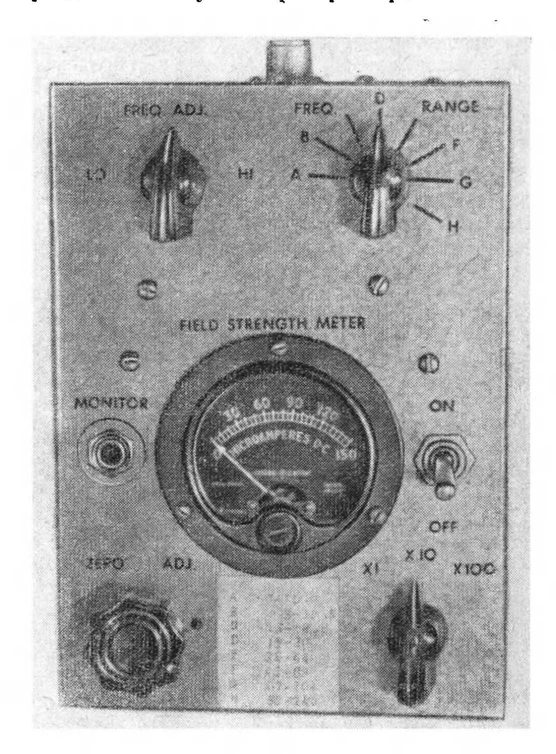


Рис. 13-8. Маркировочные обозначения на передней панели прибора сделаны с помощью декалькомании.

писей. После этого отметьте контрольные метки на панели, чтобы гарантировать правильное расположение переводных надписей. Для работы необходимо иметь карандаш с резинкой. Контрольные метки должны иметь ширину не более 3 *мм*, а переводные маркировки должны быть расположены над ними на определенном расстоянии.

Необходимо придерживаться определенной последовательности при работе с переводными надписями. Эта последовательность показана на рис. 13-10. Сначала очистите поверхность панели (рис. 13-10, *а*), так как к загрязненной поверхности маркировка не приклеится. Протирать поверхность можно мягкой тряпочкой, смоченной в чистой воде.

Затем найдите нужное обозначение и отрежьте его от общего листа (рис. 13-10, *б*). Если вы не нашли нужного вам слова, то составьте его из отдельных букв. Когда вы будете отрезать нужную вам надпись, постарайтесь оставить около одного конца этой надписи чистую полоску для дальнейшего облегчения вашей работы.

Приготовьте мелкую тарелку или ванночку с водой. Погрузи. отрезанную надпись в воду (рис. 13-10, *в*) на несколько секунд (но не более чем на 10 *сек*), затем выньте ее и положите на 1 *мин* на какое-нибудь чистое место. В это время смочите водой нужное место на панели.

Теперь вы должны снять с подложки верхний блестящий слой, на котором изображена надпись, и перенести его на панель (рис. 13-10, *г*). Это сделать довольно трудно, так как этот слой очень хрупкий. Если вы возьметесь за него пальцами, то он может прилипнуть к ним и прийти

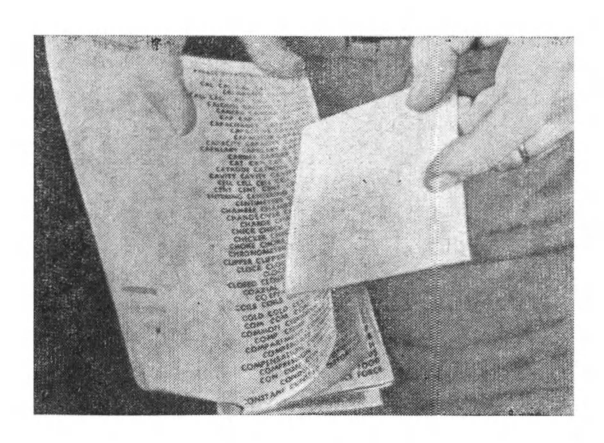


Рис. 13-9. Внешний вид набора переводных маркировок.

в негодность прежде, чем вы его перенесете на панель. Поэтому лучше всего для этой цели пользоваться пинцетом. На рис. 13-10, *д* показан эффективный способ переноса маркировочной надписи на панель. Для снятия верхнего слоя с подложки применяется карандаш, на конце которого укреплена резинка.

После переноса верхнего слоя на панель с помощью резинки передвигайте надпись или отдельные буквы до тех пор, пока они не займут нужное положение. Не пытайтесь делать это с помощью пальцев, так как надпись будет прилипать к пальцам и вы не сможете прикрепить ее без повреждения обратно на панель. Если вы составляете надпись из отдельных букв, то лучше всего начать со средних букв и далее двигаться в обе стороны к концам. Это поможет вам правильно расположить надпись. В случае если буквы или слова передвигаются по панели с трудом, смочите водой поверхность вокруг них; не затягивайте работу, так как это может отразиться на качестве ее выполнения.

Когда надписи займут правильное положение, сильно прижмите их мягкой тряпкой (рис. 13-10, *е*), чтобы выдавить из них воду или пузырьки воздуха. Убедитесь, что вы правильно производите эту

операцию, так как, даже небольшое движение в сторону может привести к стиранию маркировочной надписи. Оставшиеся после этой операции пузырьки воздуха удаляют, прокалывая их уголком лезвия бритвы.

Просушите маркировочные надписи в течение нескольких часов, а если это возможно, то и больше. После просушки на маркировочные

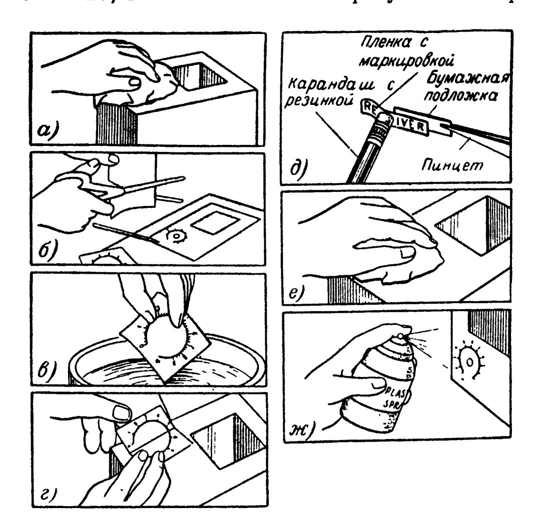


Рис. 13-10. Нанесение переводных надписей на панель прибора.

надписи надо напылить два или три слоя прозрачного лака (рис. 13-10, *ж*). Перед нанесением каждого нового слоя необходимо убедиться, что предыдущий слой уже высох.

ОКРАСКА РАСПЫЛЕНИЕМ

Шасси, панели, корпуса и др. продают уже окрашенными. Однако вам иногда захочется самому сделать шасси и затем его окрасить. У вас может также возникнуть желание подкрасить или даже полностью перекрасить готовый блок. Для этой цели вы можете применить любую эмаль из известных типов. Одним из наиболее удобных способов окраски радиоэлектронной аппаратуры является окраска распылением. Для этой цели существуют краски самых различных цветов. Они применяются как для декоративных целей, так и для создания чисто изоляционного слоя, который изолирует покрываемую поверхность и одновременно предохраняет ее от коррозии.

Цена 64 коп.